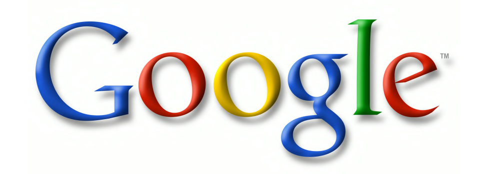










RECHERCHES GÉOLOGIQUES

DANS LES PARTIES DE

LA SAVOIE, DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES

DU MONT-BLANC

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

DANS LES PARTIES

DE LA SAVOIE

DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES

DU MONT-BLANC

AVEC UN ATLAS DE 32 PLANCHES

PAR

ALPHONSE FAVRE

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE A L'ACADÉMIE DE GENÈVE

TOME III

§ 533-816

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

GENÈVE 1867

RECHERCHES GÉOLOGIQUES

DANS LES PARTIES DE

LA SAVOIE, DU PIÉMONT ET DE LA SUISSE

VOISINES DU MONT-BLANC

CHAPITRE XXIII

SUITE DU MASSIF DU MONT-BLANC

IV. Partie méridionale du revers nord-ouest du Mont-Blanc; du nant du Greppon au Prarion. Nant du Greppon, graphite, § 533. — Nant de Fouilly, pierre ollaire, 534. — Cargneule du Biolet, 535. — Base de l'Aiguille du Midi; filons de granit; Pierre à l'Échelle; calcaire, 536. — Roches cristallines variées; glacier Rond, 537. — Glacier des Pèlerins, 538. — Éboulements, la Tapiaz, 539. — Les Aiguilles, 540.

Mont-Blanc, 541. — Tentatives de de Saussure, ascension, 542. — Observations géologiques, 543. — Sommet du Mont-Blanc; pierres foudroyées, 544. — Limite de la protogine, 545.

Les Bossons; tourmalite, 546. — La Côte; Taconnaz; Aiguille du Goûter, 547. — Gypse et cargneule du Planet, du nant de la Gria, anhydrite, 548. — Mont Lacha, clivage, fossiles jurassiques; col de Voza, 549. — Tricot; Prarion, coupe, 550.

V. Revers du Mont-Blanc du cote de la vallée de Montjoie. Prarion, coupe, St-Gervais, jaspe, 551. — Anthracite des bains de St-Gervais, 552.—Col de la Forclaz, Cheminées des Fées, moraines et blocs erratiques. Inscription romaine. Surface polie de Grange, 553. — Bionnassay. Champel. Bionay, 554. — St-Nicolas de Véroce. Puissance du terrain jurassique du Mont-Joli, 555.— Miage. Les Contamines, 556.— Glacier de Trelatête. La Jat ou Layat. Nant-Borant. Du village des Contamines à Nant-Boraut, 557.

IV. PARTIE MÉRIDIONALE DU REVERS NORD DU MONT-BLANC, DU NANT DU GREPPON AU PRARION.

§ 533. — Après avoir décrit le fond de la vallée de Chamonix, je reviens au village de ce nom pour continuer l'étude de la chaîne du Mont-Blanc, dans l'espace compris entre le nant du Greppon et le Prarion.

Au **nant du Greppon**, voisin du sentier du Montanvert, on peut voir, à une élévation qui n'est pas grande, des veines de graphite très-minces, formant une espèce d'enduit sur du quartz feuilleté qui fait partie des schistes cristallins. De Saussure[1] place ce gisement dans le nant de Fouilly; mais ces deux ravins sont si près l'un de l'autre, qu'il serait surprenant de trouver dans l'un une roche qui manquerait dans l'autre. La présence dans les schistes cristallins de cette localité d'une matière d'origine végétale, peut faire croire que ces roches sont moins anciennes qu'on ne l'avait supposé d'abord, et que leur formation, qui date d'une époque bien antérieure à leur soulèvement,

[1] *Voyages*, § 720.

est peut-être postérieure à l'existence des êtres organisés. C'est l'avis de M. de Mortillet[1]. Il y a quelques années, j'avais écrit[2] « que sur ce versant de la chaîne du Mont-Blanc on « ne voit nulle part cette formation (la formation anthra- « cifère) entre les schistes cristallins et le calcaire ; » et en effet, je n'ai trouvé aucune trace de terrain houiller au Montanvert, au glacier de la Pendant, à celui du Trient, ni dans le voisinage du col de Balme. M. de Mortillet affirme positivement que cette opinion *est une erreur*. « Le terrain « anthracifère, dit-il, est profondément métamorphosé, tel- « lement métamorphosé, qu'il devient à peu près méconnais- « sable...... La présence de ce graphite, ajoute-t-il, dans « des roches qui sont voisines du calcaire, dont les lam- « beaux existent encore à droite et à gauche du nant du « Greppon, ne peut laisser de doute sur la présence en ce « point de l'anthracifère métamorphosé. » Pour moi, qui ai de la peine à reconnaître des roches à peu près méconnaissables, je crois, sans en être certain, qu'on pourrait les regarder comme plus anciennes que le terrain houiller, mais postérieures à la création des êtres organisés.

Ces roches du nant du Greppon et de la base du Mont-Blanc, me paraissent être semblables à celles d'un grand nombre de localités, et en particulier à celles du département de la Loire qui ont attiré l'attention de M. Gruner. « Il est des schistes parmi les moins cristallins dans la « chaîne du Pilate et du Beaujolais, dit ce savant, qui sont « plus ou moins carburés ou graphitiques; d'où l'on peut « conclure que, dès cette période reculée, il y eut dans les « bas-fonds des rivages une sorte de végétation aqua- « tique[3]. »

[1] *Géol. et min.*, p. 115, 156.
[2] *Archives*, 1848, VII, 265.
[3] *Descript. géologique et minéralogique du départ. de la Loire*, 1857, p. 87.

§ 534. — Dans le **nant de Fouilly**, voisin de celui du Greppon, se trouve un gisement de stéatite verdâtre ou de pierre ollaire fibreuse, décrit par de Saussure[1]. Cette substance, visible sur la rive gauche du nant, forme malgré des renflements plus ou moins considérables une couche parallèle aux feuillets des schistes cristallins. Il est probable qu'elle est sur le prolongement de la couche de serpentine de la base de la Filia, et qu'elle est inférieure à celle du Montanvert.

§ 535. — A une petite distance de Chamonix, et à la base de la chaîne du Mont-Blanc, la cargneule vient affleurer à l'endroit nommé **le Biolet.** Les caractères de cette roche sont toujours les mêmes; elle contient cependant des paillettes de mica et des morceaux de quartz, ainsi que des veines noires charbonneuses et d'autres ferrugineuses; les unes et les autres viennent probablement de la surface du sol. La cargneule est associée à une dolomie grise et caverneuse qui renferme quelquefois de la baryte sulfatée. M. Ruskin a fait pratiquer une fouille à cet endroit pour étudier la jonction des terrains de sédiment et des schistes cristallins[2]. En 1859 j'ai pu y constater, malgré quelques éboulements, la superposition évidente des seconds aux premiers. J'ai représenté cette section (Pl. XVIII, fig. 8):

Gneiss dur (*s*).

Gneiss blanc décomposé (*sd*).

Fente remplie d'argile et de cargneule (*f*).

Cargneule (*ca*) renfermant des fragments d'un calcaire brun (*t*).

Calcaire brun, espèce de cargneule (*c*).

[1] *Voyages*, § 719.

[2] Adresse anniversaire du général Portlock à la Soc. géol. de Londres, 25 février 1857, *Quart. Journ.*, p. LX. Proceed. of Roy. Soc. of Edinburgh.

Ici on ne voit pas le vrai calcaire jurassique (*j*); mais il n'y a aucun doute que, si la fouille eût été plus profonde, on ne l'eût trouvé comme à la Rosière, au Chapeau et aux Ouches.

§ 536. — Pour visiter le flanc de l'Aiguille du Midi (3843 mètres), je me rendis au glacier Rond, au-dessous duquel on traverse celui des Bossons pour aller aux Grands Mulets. La première fois que je fis cette course, en août 1847[1], je fus surpris par une abondante chute de neige ; mais peu de jours après je la recommençai. On passe d'abord au hameau des Pèlerins, puis on atteint le chalet de **la Para.** Cette partie de la montagne est formée d'un gneiss dont les couches plongent sous la chaîne du Mont-Blanc, et qui devient plus feldspathique dans les environs du chalet. Cela tient peut-être au voisinage du banc de granit dont parle de Saussure[2]. J'ai cherché cette roche trois fois inutilement dans cette localité. Les schistes cristallins au-dessous de la Para sont variés, verdâtres ou grisâtres, plus ou moins talqueux ou magnésiens; ils renferment quelques veines de stéatite et de l'amphibole. De Saussure indique à la montagne de La Côte une roche semblable à celle-ci.

En continuant à monter, on arrive à **Pierre Pointue** (2061 mètres); les couches de schistes cristallins y sont inclinées d'environ 45° sous le Mont-Blanc. Le gros bloc de protogine qui a fait donner ce nom à cette localité, est probablement erratique et repose sur les schistes cristallins.

Un peu au-dessus se trouve le rocher de Mimon renfer-

[1] Les distances sont à peu près les suivantes : de Chamonix à la Para, 2 heures; à Pierre-Pointue, 1 heure; à Pierre-à-l'Échelle, 1 heure; à la jonction des schistes cristallins et de la protogine sur le glacier Rond, 3 heures environ.

[2] *Voyages*, § 676.

mant de la bissolithe, de l'amiante et de l'épidote. Peut-être appartient-il à une couche qui s'étend d'un côté à la Fontaine de Caillet (§ 499) et de l'autre au Dôme du Goûter; nous verrons plus loin que la limite des schistes et de la protogine se rapproche notablement du sommet du Mont-Blanc.

A droite du sentier, une gorge étroite nommée le Creux de Mimon, est en partie dominée par le glacier des Bossons. C'est dans cet endroit toujours menacé par de terribles avalanches, que l'un des plus hardis montagnards qui aient jamais existé, Jacques Balmat, celui qui monta le premier au Mont-Blanc, venait, dit-on, travailler à une mine d'or au péril de ses jours et trouvait à y gagner sa vie.

En s'élevant toujours sur la rive droite du glacier des Bossons, on atteint la **Pierre-à-l'Échelle,** gros bloc de schiste cristallin (2425 mètres), ainsi nommé parce qu'on y a longtemps laissé une échelle destinée à faciliter le passage des crevasses dans l'ascension du Mont-Blanc.

Au même niveau que cette grosse pierre, mais à deux cents pas plus à l'E., on trouve un amas de **calcaire saccaroïde** de 15 mètres d'épaisseur environ dont la longueur ne peut être bien déterminée, à cause des éboulements qui l'entourent; il est enfoncé dans des schistes cristallins très-talqueux. Les caractères de ce calcaire ne sont pas constants: sur certains points il est composé d'une agglomération de cristaux de 1 à 2 millimètres, déformés et accollés les uns aux autres; sur d'autres, il est schisteux et en feuillets épais. Il est pur dans sa partie centrale et alterne sur les bords avec des feuillets de gneiss ou de schiste talqueux, inclinés de 55 à 60° au S.-E., comme tous ceux qui se trouvent au-dessus et au-dessous.

Plus haut encore j'ai vu des blocs épars de calcaire sac-

caroïde, ce qui me fait croire qu'il y a dans cette région deux amas parallèles de cette roche.

Du temps de De Luc ce calcaire aurait été regardé comme primordial[1]; mais à présent on doit le rajeunir, et sa présence dans les gneiss et dans les schistes talqueux vient appuyer l'idée que j'ai énoncée à propos du nant du Greppon (§ 533), savoir : que les schistes cristallins de la chaîne du Mont-Blanc ont été formés après l'apparition de la vie sur la terre, puisqu'il est reconnu que le calcaire et le graphite sont produits par des êtres organisés. Il resterait à rechercher si ces calcaires ne renferment pas des foraminifères, de même que ceux qui sont associés au gneiss du système laurentien du Canada.

Les minéraux qui accompagnent ordinairement[2] ces masses plus ou moins grandes de chaux carbonatée, enclavées dans les schistes cristallins, manquent dans cette localité.

§ 537. — Les schistes cristallins situés au-dessus de la Pierre-à-l'Échelle renferment des bancs d'une roche qui paraît très-voisine de la syénite. Elle est composée d'un feldspath jaune ou gris associé à des parcelles d'un minéral noir ou vert foncé, ressemblant à de l'amphibole ou à de l'hypersthène. A la jonction de cette roche et du schiste cristallin, se montre un schiste stéatiteux ou serpentineux d'un joli vert clair, parsemé d'amphibole noire, de quartz, de chlorite, etc. Le prolongement méridional de ces roches ne passe pas loin des Grands Mulets qui ont la même composition, comme je le dirai.

La montée au-dessus de la Pierre-à-l'Échelle est assez

[1] *Lettres physiques et morales*, V, 399.
[2] Delesse, Sur le calcaire du gneiss, *Ann. des Mines*, 4e série, XX, 141 ; *Archives*, 1852, XIX, 153.

dangereuse, parce que rien ne peut mettre à l'abri des pierres qui tombent des hauteurs en faisant des ricochets immenses. En continuant l'ascension on arrive au **Rognon de l'Aiguille du Midi**, massif qui sert de base à cette montagne. Il est formé de schistes micacés à grains fins, doux au toucher, peut-être talqueux, qui alternent avec des schistes beaucoup plus feldspathiques, ressemblant à des protogines confusément cristallisées. En contournant le Rognon du N. au S. on atteint le **glacier Rond**, qui occupe une échancrure dans le flanc occidental de l'Aiguille du Midi. Il domine une partie du glacier des Bossons et y envoie des avalanches, redoutées de ceux qui le traversent. La rive droite du glacier Rond est en partie formée de gneiss d'aspects variés, souvent à mica noir : de grands filons de vrai granit à petit grain (feldspath, quartz et mica noir) coupent les feuillets des schistes et enveloppent quelques fragments de gneiss. Des roches semblables peuvent être recueillies dans le nant de la Gria, ce qui montre que cette formation s'étend à l'O. Dans le voisinage des filons, les schistes deviennent moins schisteux, sont assez chargés d'amphibole et se rapprochent des diorites ou des syénites. Les bancs de ces roches se terminent promptement en pointe, et sont souvent traversés par des filons d'eurite.

A peu près à la moitié de la longueur du glacier Rond, on trouve la jonction des schistes cristallins et de la protogine, les deux roches sont soudées l'une à l'autre. La protogine est souvent micacée, traversée par des filons de granit, et renferme de l'épidote, de jolis cristaux de feldspath et de la chlorite. Elle passe parfois à un porphyre gris cendré, exactement semblable à celui de la base du Montanvert[1], ce qui tendrait à prouver que ce porphyre

[1] J'ai trouvé un grand bloc erratique dans la commune de Pers-Jussy

n'est qu'une variété de la protogine. Les flancs de l'Aiguille du Midi recèlent donc une grande variété de roches; on peut croire qu'il en est de même dans les aiguilles voisines, et c'est, je pense, un arrangement semblable à celui que je viens de décrire, que de Saussure observa avec un grand intérêt dans une portion plus orientale de l'Aiguille du Midi[1].

§ 538. — La hauteur indiquée par mon baromètre un peu au-dessus de la jonction des schistes cristallins et de la protogine était de 2765 mètres[2], c'est une altitude supérieure de 100 mètres environ à celle des roches que de Saussure avait atteintes. A partir de cet endroit, l'Aiguille du Midi est entièrement composée de protogine jusqu'à son sommet; du moins, je n'ai trouvé que cette roche, lorsqu'en 1859 j'allai examiner le col situé entre cette aiguille et le Mont-Blanc de Tacul à environ 800 mètres plus haut (§ 574).

En descendant du glacier Rond, j'examinai dans l'une de mes courses les moraines et les gorges situées au-dessous du **glacier des Pèlerins.** Ces moraines sont d'une grandeur d'autant plus frappante qu'elles se trouvent sur des arêtes élevées et rapides, flanquées de profonds ravins. Cette disposition amène tout naturellement à croire que les glaciers des Pèlerins et de l'Aiguille du Midi s'étendaient anciennement plus bas et avaient une plus grande épaisseur que maintenant.

près de Regnier, sur la rive gauche de l'Arve; il est formé d'un granit ordinaire et renferme des amas de quelques pouces de diamètre d'un porphyre gris tout à fait semblable à celui-ci, ainsi que d'autres amas où le mica est fort abondant.

[1] *Voyages*, § 671 et suiv.

[2] La carte du capitaine Mieulet indique que la partie supérieure du glacier Rond est à 2924 mètres

Dans une autre course, je traversai le glacier de l'Aiguille du Midi où de Saussure faillit périr [1], et le glacier des Pèlerins qui charrie une grande quantité de gneiss gris, contenant un peu de mica noir. Cette route n'était pas sans danger, le glacier étant recouvert de neige fraîche; mais, de même qu'au glacier de la Pendant, mon guide et moi nous nous tirâmes d'affaire en suivant les traces d'un chamois.

La jonction des schistes cristallins et de la protogine est parfaitement nette sur la rive droite du glacier des Pèlerins et les feuillets de gneiss sont recourbés à la ligne de séparation. La protogine renferme souvent de l'épidote et empâte des fragments de gneiss, elle est divisée par feuillets si réguliers qu'il est impossible de ne pas y reconnaître des couches. Dans la partie supérieure elles ont une position exceptionnelle, car elles plongent au N. 50° O. en s'appuyant contre la chaîne centrale avec une inclinaison d'environ 55°; mais dans la partie inférieure elles reprennent leur position ordinaire, et plongent contre la chaîne du Mont-Blanc. Cette structure avait été remarquée un peu plus à l'E. par de Saussure, à la base de l'Aiguille de Blaitière [2].

§ 539. — LAiguille du Plan est formée de protogine.

Je fis une halte assez longue au pied du glacier des Pèlerins, pendant laquelle une des aiguilles situées près du Planet de Blaitière, que je ne voyais pas à cause du brouillard, s'éboulait sans cesse. Les avalanches de pierres, avec leur bruit monotone et effrayant, continuèrent tout le temps où je restai dans le voisinage. En descendant, je trouvai dans le gneiss des bancs de quartz fort épais, et j'arrivai

[1] *Voyages*, § 675.
[2] *Voyages*, § 659.

à côté du lac de la Tapie[1]. Les schistes cristallins y sont dirigés à peu près du N. 25° E. au S. 25° O. et plongent à l'E. 25° S. avec une inclinaison de 55° environ. Ils renferment des boules d'un pouce de diamètre, formées de carbonate de chaux recouvert de chlorite. Au-dessus de la Tapie, on reconnait encore beaucoup de roches moutonnées, des moraines et d'énormes blocs de protogine reposant sur les schistes cristallins.

De cette montagne, on peut suivre facilement de l'œil la limite des schistes et des protogines. En redescendant à Chamonix, on ne voit que des schistes cristallins, avec le graphite, la pierre ollaire et la cargneule dont j'ai déjà parlé au nant du Greppon, au nant de Fouilly et au Biolet, et l'on peut vérifier l'observation de de Saussure[2] qui a remarqué que les feuillets des schistes cristallins se rapprochent d'autant plus de la verticale, qu'ils sont situés plus haut dans la montagne.

§ 540. — La **chaîne des aiguilles** qui s'élèvent au S. de Chamonix, entre le Montanvert et l'Aiguille du Midi, est un des plus beaux ornements du massif du Mont-Blanc. On n'a pas toujours été d'accord sur leurs dénominations, et encore maintenant il y a des différences notables entre les deux cartes les plus récentes[3]. **De Saussure** a visité spécialement les Aiguilles du Midi, du Plan et de Blaitière; il a remarqué des filons de granit à la base de la dernière[4], et au pied de l'Aiguille du Plan. Un peu au-dessus du lac du Plan de l'Aiguille, il a observé un banc de talc jaunâtre,

[1] Ce nom de *Tapie*, en patois *Tapias*, se retrouve près du Chimborazzo. Humboldt, *Mélanges*, I, 155 et 546.

[2] *Voyages*, § 656.

[3] *Massif du Mont-Blanc*, levé par M. Mieulet, capitaine d'état-major, Paris 1865; et *The chain of Mont-Blanc*, par M. Adams Reilly, levée en 1863-4.

[4] *Voyages*, § 661 et suiv.

très-doux au toucher et parsemé de rognons de quartz[1], et de l'ensemble de ses observations il conclut que les schistes cristallins et les granits doivent avoir la même origine. Dans le résumé qu'il donne de ses courses, il dit avec raison que les couches des schistes feuilletés, qui forment la base des aiguilles, « s'approchent de la nature du granit à mesure qu'elles s'approchent du haut de la montagne[2], » et il semblerait, d'après lui, qu'il existe un passage insensible du schiste cristallin au granit ou à la protogine. Cependant, quoique ces deux roches aient une grande analogie quant à leur composition chimique et à leur origine, elles sont distinctes par leur apparence, et partout la ligne qui les sépare est bien accusée. « Toutes ces hautes aiguilles, « dit de Saussure, se présentent d'une manière avanta- « geuse au système de la *stratification* des granits[3]. »

Je comprends de Saussure lorsqu'il fait remarquer que les hautes montagnes sont composées de grandes lames ou de grands feuillets pyramidaux, appuyés les uns contre les autres[4], dont presque tous les plans sont exactement parallèles entre eux. Mais je ne saurais être d'accord avec lui lorsqu'il assure que quelques montagnes de granit, de forme pyramidale, ont des feuillets tournant autour du centre ou de l'axe de la pyramide, presque comme ceux d'un artichaut, « l'Aiguille du Midi, dit-il, paraît être de ce genre. » Je n'ai pas su voir cette structure; d'ailleurs, de Saussure a plus tard[5] abandonné cette idée.

§ 541. — Je n'ai jamais voulu tenter l'**ascension du Mont-Blanc**, quoique divers guides de Chamonix m'aient

[1] *Voyages*, § 663.
[2] *Id.*, § 677.
[3] *Id.*, § 675.
[4] *Id.*, § 569.
[5] *Id.*, § 1996.

souvent engagé à le faire. Ce n'est ni la fatigue qu'on éprouve, ni les dangers que l'on court, qui m'ont découragé, quoique, il y a quinze ou vingt ans, cette course passât pour beaucoup plus difficile qu'aujourd'hui. Tant d'autres l'avaient exécutée heureusement, pourquoi n'aurais-je pas fait comme eux? Je redoutais le manque d'intérêt! En effet, au delà de la Pierre-à-l'Échelle, il faut se frayer un chemin dans les glaces et dans les neiges, et, à l'exception des Grands Mulets, on n'aborde guère de rochers. Je croyais, et je crois encore, que de Saussure a vu tout ce que l'on pouvait voir, et n'espérant pas faire d'observations nouvelles, j'ai reculé devant une peine qui me paraissait inutile. Lorsque j'ai désiré connaître la structure du Mont-Blanc, j'ai parcouru l'espace compris entre le col du Géant et l'Aiguille du Midi; cette course, dont je parlerai plus tard (§ 573), est, je crois, plus curieuse au point de vue de la géologie qu'une ascension au Mont-Blanc.

Mon impression est confirmée par le jugement porté par Humboldt sur ce genre d'excursion: « L'ascension des mon-« tagnes qui s'élèvent beaucoup au-dessus des neiges éter-« nelles, dit cet illustre voyageur, et qui ne peuvent être « visitées, par conséquent, que pendant quelques heures, est « d'un médiocre intérêt scientifique [1]. » On lit encore dans le même recueil la réflexion suivante de M. Boussingault: « J'expose, dit-il, les raisons qui m'ont conduit sur le Chim-« borazzo, parce que je blâme hautement les excursions « périlleuses sur les montagnes, quand elles ne sont pas « entreprises dans l'intérêt de la science. Ainsi, malgré les « ascensions multipliées qui ont déjà eu lieu sur le Mont-« Blanc depuis l'époque de de Saussure, ce savant célèbre

[1] Humboldt, *Mélanges*, I, 151.

« est encore aujourd'hui pour moi le seul qui ait atteint « ce sommet[1]. »

Tout en partageant la manière de voir de ces deux hommes éminents, on peut revendiquer pour MM. Bravais et Martins le mérite d'avoir fait une ascension scientifique, avec tout le bagage intellectuel et matériel nécessaire à la réussite des observations et des expériences qu'ils avaient en vue[2]. Eh bien! malgré toute la science et le courage dont de Saussure, Bravais et Martins ont donné tant de preuves, on remarque avec étonnement combien les observations géologiques que l'on peut faire dans cette course sont restreintes ; les neiges empêchent l'examen du sol, et l'aspect des montagnes est peu instructif au point de vue scientifique. En effet, de Saussure nous dit : « Les montagnes primitives de l'Italie et de la Suisse, dont j'étais « assez rapproché pour que mes yeux plongeassent sur « elles, ne me présentaient que des groupes ou des masses « séparées sans ordre et sans formes régulières. »

Il est évident qu'à l'époque où nous sommes, ayant à notre disposition de nombreuses cartes topographiques, l'inspection de l'une d'elles nous en apprend plus sur la chaîne des Alpes qu'une course au sommet du Mont-Blanc. Cependant, à la suite de son expédition, de Saussure arrive à deux considérations géologiques d'une haute importance ; mais elles résultent bien plus de l'expérience qu'il avait acquise dans ses voyages autour du Mont-Blanc, que des

[1] Humboldt, *Mélanges*, I, 188.

[2] Bravais, *Le Mont-Blanc*, broch. Paris, sans date, in-8°. Rapport inséré au *Moniteur* du 18 septembre 1844. — Ch. Martins, Deux ascensions au Mont-Blanc, *Revue des deux Mondes*, 1865, LVI, 377. — On verra, dans cet intéressant article, ce qu'il faut réunir de savoir et d'énergie pour faire des observations scientifiques à de grandes hauteurs. Biographie de Bravais, *Institut*, 1865, 165.

observations qu'il avait faites pendant son ascension à la cime même de cette montagne. Il admet : 1° que cette chaîne centrale et celles qui l'environnent ont été formées par refoulement, mot qu'il emploie dans le sens de soulèvement, et 2° que le granit est stratifié [1].

§ 542. — Mais, quoique je n'aie pas voulu atteindre le sommet du Mont-Blanc, je crois qu'il peut y avoir quelque intérêt à résumer ce que d'autres nous ont appris sur ces parages élevés.

Rien n'est plus intéressant à lire, dans les *Voyages* de de Saussure, que le récit des tentatives faites pendant vingt-six ans (1760 à 1786) pour atteindre la sommité du Mont-Blanc. On sait que ce fut Jacques Balmat qui, le premier, surmonta tous les dangers de la course et, ce qui était plus difficile encore, les préjugés dont cette entreprise était entourée.

Les premiers essais d'ascension ont été faits, soit en partant de Chamonix et passant par la montagne de la Côte, soit en partant de Bionnassay et en gravissant l'Aiguille et le Dôme du Goûter. Après le succès de de Saussure qui atteignit le sommet en 1787, on ne suivit pendant longtemps que le chemin par la montagne de la Côte; puis on trouva plus facile de monter par la rive droite des Bossons et de traverser ce glacier pour aller aux Grands Mulets (3050 mètres). On monte de là au Petit Plateau (3635 mètres), au Grand Plateau (3932 mètres); on se dirige un peu à l'E. en passant par le Corridor, et on retourne à l'O. en franchissant le Mur de la Côte; on laisse à droite les Rochers Rouges (4492 mètres) et les rochers des Petits Mulets (4666 mètres), et on arrive à la cime (4810 mètres).

[1] *Voyages*, § 1996 et 1998

On a fait plusieurs tentatives infructueuses pour passer par la Bosse du Dromadaire, monticule situé entre le Dôme du Goûter et le sommet; mais le 29 juillet 1859, ce passage a été franchi par M. Hudson, cet *ascensioniste* intrépide qui a péri au mont Cervin. Il est probable que cette année-là une plus petite quantité de neige rendait l'arête moins aiguë qu'à l'ordinaire. Depuis quelques années on a renouvelé avec succès des ascensions par le mont Lacha et l'Aiguille du Goûter. On peut également monter au Mont-Blanc en partant de Courmayeur et en passant par le col du Géant, le col de l'Aiguille du Midi, le Mont-Blanc de Tacul et le Mont Maudit[1].

§ 543. — Donnons quelques détails sur les observations géologiques recueillies dans les ascensions au Mont-Blanc.

Les **Grands Mulets**, disent MM. Pictet dans leur itinéraire (1829, p. 224), sont composés de quartz, de hornblende, de stéatite fibreuse, de talc avec quelques lames de mica coloré en brun et disséminé çà et là; on y trouve aussi quelques cristaux d'épidote colorés en vert clair, accompagnés de sulfure de fer cristallisé en cube, d'asbeste et de cristaux d'adulaire.

M. Markham Shervill[2] dit que les Grands Mulets sont en majeure partie composés de granit; cependant on y trouve quelques morceaux d'asbeste, des pyrites, du gneiss et de l'amphibole mêlé de quartz. Je pense que le mot granit n'est pas tout à fait exact, et que ces roches sont formées de schistes cristallins. De Saussure y signale de la plombagine[3]. Cet illustre savant avait nommé la partie la plus haute de cette petite chaîne (1780 toises) « *Rocher de*

[1] *Journal de Genève*, 1863.
[2] *Ascension du Mont-Blanc*, p. 34.
[3] *Voyages*, § 1974.

l'heureux retour[1]. » On voit, d'après les échantillons déposés au musée de Genève, qu'il est formé de schiste talqueux et d'un schiste quartzeux avec graphite[2]. Le graphite se trouve donc à deux endroits de la chaîne des Grands Mulets et me paraît être, comme celui du nant du Greppon (§ 533), une preuve de la présence des végétaux à l'époque où se formaient les schistes cristallins.

Les **Rochers Rouges**, auxquels de Saussure avait donné le nom d'Épaule gauche du Mont-Blanc[3], sont formés de protogine mélangée d'amphibole et d'une grande quantité de chlorite; ils renferment aussi des pyrites de fer et de l'épidote, et probablement du pétrosilex, ainsi que des schistes talqueux (échantillons du musée de Genève).

Le rocher inférieur des **Petits Mulets** est de protogine[4], se rapprochant du schiste talqueux; elle renferme deux feldspaths dont l'un est verdâtre et tendre. Enfin, le Petit Mulet supérieur, à 100 mètres au-dessous du Mont-Blanc, est composé de protogine très-talqueuse[5].

§ 544. — Le **sommet du Mont-Blanc** ou la plus haute des *Montagnes maudites*, comme on l'appelait anciennement, est élevé de 4810 mètres[6] au-dessus du niveau de la mer; il est formé par une arête entièrement neigeuse de 5 à 6 mètres de largeur, se dirigeant de l'E.-N.-E. à l'O.-S.-O. et variant probablement un peu suivant la quantité de neige; de Saussure paraît l'avoir trouvée plus étroite que M. Bra-

[1] *Voyages*, § 2023.
[2] *Id.*, § 1979.
[3] *Id.*, § 1986.
[4] *Id.*, § 1789.
[5] *Id.*, § 1990.
[6] M. Delcros, ayant calculé de nouveau l'observation barométrique de de Saussure et celle de MM. Martins et Bravais, trouve pour la première 4817 mètres, et pour la seconde 4810 mètres, *Archives*, 1851, XVI, 214.

vais. Ces deux savants ont démontré, contrairement à l'opinion de quelques personnes, que de ce point on ne peut apercevoir la mer Méditerranée.

La cime visible de Courmayeur, et que l'on prend pour le Mont-Blanc, lui est inférieure de 54 mètres et en est éloignée de 600 mètres environ. Elle est connue sous le nom de Mont-Blanc de Courmayeur. Vers le milieu de l'arête qui joint ces deux sommités se trouve la **Tourette**, le rocher le plus élevé de l'Europe. C'est probablement lui que de Saussure désigne sous le nom de « Pointe relevée au-dessus de l'Allée-Blanche[1]. » Il est formé de protogine quelquefois talqueuse et légèrement micacée, quoique de Saussure nie l'absence du mica dans les roches élevées[2]. On y trouve encore de l'amphibole, du pétrosilex, de la préhnite et de la bissolithe (Musée de Genève).

Les **pierres foudroyées**, observées dans les environs du sommet du Mont-Blanc, présentent quelque intérêt. On en trouve particulièrement au Dôme du Goûter, à la Tourette, aux Petits Mulets et sur « un rocher faisant saillie « sur le gradin le plus au N. de l'Aiguille-du Goûter, dit « M. Bravais, à 150 mètres au-dessus du Grand Plateau. »

Les renseignements fournis par de Saussure sur ces pierres foudroyées sont précis, et il a réussi à reproduire des bulles vitreuses à la surface des roches au moyen de la décharge d'une batterie électrique[3]. Ces pierres sont, en général, des granits ou des granitelles (syénite de Werner) renfermant de l'amphibole. Les trois échantillons du Musée de Genève (n° 1994) sont l'un d'amphibole presque pure, l'autre de feldspath, de talc et d'amphibole, et le troisième est un schiste talqueux.

[1] *Voyages*, § 1993.
[2] *Id.*, § 2000.
[3] *Id.*, § 1153, 1154, 1994.

Je possède un échantillon de pierre foudroyée, venant probablement de la Tourette: il est composé d'une roche rougeâtre (feldspath ou pétrosilex, fusible au chalumeau), altérée par les agents atmosphériques, recouverte par places de bulles vitreuses verdâtres, pleines ou crevées; on y voit quelques sillons et un petit trou vitrifié dans l'intérieur. Comment ces sillons ont-ils été creusés? Les particules de la roche ont-elles été enlevées ou ont-elles été fondues? cette dernière hypothèse paraît probable d'après la grosseur des bulles. Ces pierres, en partie vitrifiées par la foudre, ne sont point spéciales au Mont-Blanc : Ramont en a recueilli de semblables dans les Pyrénées [1].

§ 545. — Près de la cime du Mont-Blanc se trouve le mont Maudit, puis le Mont-Blanc de Tacul, tous trois alignés du S. au N. un peu E. Cette direction n'est point celle de la chaîne qui, d'après l'observation faite par de Saussure au sommet du Mont-Blanc, s'étend du N.-E. au S.-O. « Tout ce que je voyais distinctement, dit-il, me pa-« raissait composé de grands feuillets verticaux, et la « grande généralité de ces feuillets dirigés de la même ma-« nière, à peu près du N.-E. au S.-O. [2] »

Je crois être arrivé à déterminer d'une manière assez exacte la **limite de la protogine et des schistes cristallins** dans les parties les plus élevées de la chaîne du Mont-Blanc. En parcourant souvent cette montagne, on prend l'habitude de distinguer ces deux roches même à distance, le gneiss ayant une teinte noirâtre, et la protogine étant d'un gris rougeâtre; les aiguilles de protogine se reconnaissent encore aux grandes parois unies et presque

[1] Sur les tubes vitreux qui paraissent produits par des coups de foudre. *Ann. de chimie et physique*, 1821, XIX, 290.

[2] *Voyages*, § 1996.

verticales qui se trouvent sur leurs flancs. Avec ces indications, j'ai scruté attentivement les diverses parties du Mont-Blanc, et j'ai examiné la collection donnée au musée de Genève par de Saussure. Il résulte de ce travail que les schistes cristallins forment, comme je l'ai dit, les Grands Mulets, ainsi que l'Aiguille et le Dôme du Goûter. Les Rochers Rouges[1] et les Petits Mulets sont granitiques[2], ainsi que les roches de la partie supérieure de la rive droite du vallon de glace situé entre les Grands Mulets et la base du Mont Maudit ou Aiguille de de Saussure. Cette dernière pointe est composée de schistes cristallins dans le bas, et de protogine dans le haut.

La base de l'Aiguille de Blaitière est de protogine, mais celle de l'Aiguille du Plan est de schistes cristallins, de même que celle de l'Aiguille du Greppon. On voit au-dessus du Montanvert une arête qui se joint à l'Aiguille des Charmoz; elle est de schistes cristallins, tandis que l'aiguille est de protogine.

Près de la Mer de Glace, la séparation entre les deux roches se voit à l'Angle et au glacier du Nant-Blanc. L'Aiguille de Bochard est de schistes cristallins, ainsi que les Rachasses; mais l'Aiguille Verte, qui les domine, est de protogine. Sur la rive droite du glacier d'Argentière, la limite passe entre les Becs Rouges et l'Aiguille du Chardonnet. Au glacier du Tour, elle est au haut du ruisseau du Pisseux. Au glacier du Trient, on la trouve au N. de l'Aiguille des Écandies, située elle-même au N. de l'Aiguille

[1] D'après les renseignements donnés par un guide qui m'inspire grande confiance, il paraîtrait que les roches du Mont-Blanc de Courmayeur contiennent de l'amphibole dans un état voisin de la diorite, tandis qu'au Dôme du Goûter ce même minéral fait partie des schistes cristallins.

[2] Markham Sherwill, *Ascension au Mont-Blanc*, 44.

d'Orny; près de là le mont Catogne, au-dessus d'Orsières, est de schistes cristallins. La limite de la protogine et des schistes n'est donc pas parallèle à la longueur de la chaîne ; les schistes cristallins qui en sont voisins renferment souvent de la pierre ollaire.

Cette limite, après avoir passé entre le Mont-Blanc et le Dôme du Goûter, se dirige sur le revers S. du massif ; on en a pour preuve le peu de blocs de protogine qui ont été amenés dans la vallée de Montjoie par les glaciers anciens et modernes. Sur le glacier de Bionassay, les roches amphiboliques sont abondantes ; mais de Saussure n'y signale ni granit, ni protogine, et je n'ai pas le souvenir d'en avoir vu. L'Aiguille de Bionassay est de schistes cristallins, ainsi que toute la chaîne à partir d'une petite distance à l'O. de la cime jusqu'à son extrémité S.-O. Nous verrons plus loin que le grand glacier du Miage amène des protogines sur sa rive gauche dans l'Allée-Blanche, tandis qu'il n'en charrie pas sur sa rive droite.

§ 546. — Mais laissons les régions élevées du groupe du Mont-Blanc, pour parler des localités plus accessibles des environs de Chamonix.

Le **glacier des Bossons**, autrefois appelé des Buissons, si beau, si grand, si accidenté à certaines places et si facile à traverser dans d'autres, me paraît être un de ceux qui charrient le plus de roches variées. On y trouve plusieurs espèces de protogine à petits ou à grands cristaux de feldspath ; du quartz hyalin parfois un peu violet, et des nids de chlorite, de la chaux carbonatée rose formant des rognons dans une roche grise de quartz et de calcaire ; une jolie roche à l'aspect granitique, composée de quartz à éclat gras, d'une matière d'un vert clair, vitreuse, cristalline, peu abondante, ressemblant à la chaux phosphatée,

et d'une grande quantité d'aiguilles ou de petits prismes de tourmaline noire. On devrait, il me semble, lui donner le nom de **tourmalite.** Elle se retrouve au nant de la Gria, et je l'ai rencontrée à l'état de cailloux roulés dans les environs de Genève; elle forme probablement un banc dans les schistes cristallins du revers N. du Mont-Blanc. Des roches amphiboliques ou hypersthéniques, à éléments plus ou moins gros, ne sont pas rares sur le glacier des Bossons; elles passent à la protogine en se chargeant plus ou moins de matières talqueuses. On y voit encore de l'épidote, ainsi que du calcaire saccaroïde.

A la suite des années 1815-1818, qui furent exceptionnellement froides et humides, les Bossons avançèrent rapidement dans la vallée de Chamonix et arrivèrent à une distance qui n'était pas très-grande de la route. Il est à regretter qu'on n'ait pris aucune mesure exacte à cette époque. M. le professeur Pictet, qui s'en était occupé, ne nous a laissé que des données peu positives[1]. Mais en recherchant les souvenirs des habitants et les traces laissées sur le terrain, M. V. Payot a pu constater qu'en septembre 1865 ce glacier était de 480 mètres moins en avant qu'en 1817[2]. Ayant pris une mesure semblable en juillet 1866, j'ai trouvé 470 mètres.

En 1861, les **cadavres des guides** qui avaient péri au Grand Plateau, à environ 4000 mètres d'altitude, lors de l'ascension du Mont-Blanc par M. le docteur Hamel, ont été en partie retrouvés, après 41 ans de séjour sous la glace, un peu plus haut que l'extrémité inférieure du

[1] *Bibl. Univ. de Genève, Sciences et Arts*, 1816, II, 187, et 1818, XVIII, 248.

[2] Charles Martins, *Archives*, juillet 1866, et M. V. Payot, *Archives*, octobre 1866.

glacier des Bossons[1], à environ 2880 mètres plus bas que l'endroit où ils avaient succombés. Ce qui indique que la marche du glacier a été d'environ 70 mètres par année. Ce rejet des corps étrangers par les glaciers avait déjà été signalé dans la relation de la première course faite par des Genevois à Chamonix en 1741[2].

§ 547. — De Saussure nous apprend que la **montagne de la Côte,** située sur la rive gauche du glacier des Bossons, dont on gravissait naguère les pentes rapides pour monter au Mont-Blanc, est formée de schistes cristallins, entre autres de schiste avec hornblende noire et feldspath blanc, *Sienitschiefer* de Werner; on y a recueilli des cristaux de feldspàth et de prehnite[3].

Le glacier de **Taconnaz** est situé sur le revers occidental de cette montagne. ¡Les moraines qui l'accompagnent descendent d'une très-grande hauteur, et elles sont formées en majeure partie de gneiss contenant quelquefois du mica rouge. On y voit aussi des roches amphiboliques voisines de la diorite et semblables à celles de la base de l'Aiguille du Midi, des roches serpentineuses tachetées de vert clair et de blanc, des quartzites talqueux avec des nids de chlorite et de chaux carbonatée, de la tourmalite, une roche feuilletée composée de feuillets de quartz et de diorite renfermant de l'asbeste dur et du calcaire saccaroïde associé à du talc blanchâtre identique à celui de la Pierre-à-l'Échelle. On n'y trouve pas de protogine.

Personne, sauf de Saussure, n'a donné de détails sur les

[1] *Notice sur la découverte de cadavres après quarante et un ans de séjour dans la glace.* Chamonix, 1860; broch. in-8°. En 1864, on a trouvé encore des débris de ces malheureux guides, *Journ. de Genève*, 22 sept. 1864.
[2] *Journal helvétique*, mai 1743. *Œuvres de L. Baulacre*, 1857, I, 58.
[3] Brard, *Manuel de minér.*, édit. de 1838, 252.

roches de l'**Aiguille du Goûter.** D'après lui[1], ce sont des schistes cristallins variés, contenant du quartz noir, du feldspath, des calcaires confusément cristallisés, de l'amiante et du bissolithe en veines; il n'y a pas de protogine; les couches sont redressées au N.-O. et plongent sous la chaîne du Mont-Blanc.

§ 548. — A la base des montagnes dont je viens de parler, entre le glacier des Bossons et le mont Lacha, la **couche triasique des gypses et des cargneules** se montre sur plusieurs points, ainsi que le calcaire jurassique. A l'endroit nommé **Au Mont,** près du glacier de Taconnaz, on observe une large bande de gypse dans laquelle l'eau de pluie a creusé des entonnoirs ayant jusqu'à 40 pieds de diamètre. Il n'y a pas de cargneule, et le gypse est recouvert par le gneiss, de la même manière que cette dernière roche recouvre la cargneule dans les environs du Chapeau.

Sur la rive gauche du torrent de Taconnaz, en gravissant quelque peu la montagne des Faus, on arrive **au Planet,** où le calcaire noir est surmonté par une grande masse de gypse stratifié; la cargneule ne se voit que par places peu étendues. Toutes ces roches qui plongent sous le gneiss avaient déjà été examinées par de Saussure[2]. Ces gypses et ces cargneules s'élèvent dans le flanc de la montagne et se montrent plus à l'O. dans la combe de Chavanne Vieille. J'ai cru voir ici une couche de calcaire placée entre la cargneule et le gneiss, mais un orage ne me permit pas de faire cette observation avec soin.

Dans la coupe que M. Ruskin[3] a donnée comme ayant été prise dans « un ravin près des Ouches, » qui est probable-

[1] *Voyages*, § 1141.
[2] *Id.*, § 706.
[3] *Proceedings of the Royal Soc. of Edinburgh.*

ment le **nant de la Gria,** on voit une couche de calcaire enclavée entre deux couches de gypse qui plongent sous le gneiss. J'ai reproduit cette coupe, Pl. XVIII, fig. 9; elle est composée de la manière suivante :

Gneiss (*s*).
Cargneule (*ca*).
Gypse (*gy*).
Calcaire du Buet (*c*).
Gypse blanc, pur, à grain fin (*gy*).
Schistes noirs du Buet (*a*).

Nous ferons deux observations sur cette section. 1° M. Ruskin assimile deux des couches de cette coupe aux roches du Buet; il le fait avec raison, et cependant on ne peut connaître exactement la position de ces couches sur cette montagne. 2° La couche de calcaire, qui est placée entre deux couches de gypse, est dans une position telle qu'on ne peut admettre que ces dernières aient été formées par voie de métamorphisme aux dépens du calcaire.

Dans le nant de la Gria, on peut recueillir des blocs d'eurite avec de petits grenats, ainsi qu'une protogine ou granit composé de feldspath noir, de quartz hyalin et de mica argenté, soudé au gneiss et semblable à celui qui forme des filons au glacier du Trient. On y voit encore des blocs de tourmalite.

La coupe suivante (Pl. XIX, fig. 2), que j'ai relevée en partie au nant de la Gria, indique d'une manière générale la position de ces terrains. La *cargneule* associée à des *dolomies* grises qui accompagnent de grandes masses de *gypse* (*ca* et *gy*), repose sur une couche très-noire d'ardoises pourries, qui recouvre elle-même un *calcaire rugueux*, siliceux (*j*). Les couches plongent avec une forte inclinaison sous la chaîne du Mont-Blanc et sont surmontées par des

schistes cristallins (*s*). Entre cette dernière roche et le gypse, on observe un *schiste argileux* verdâtre, et au milieu de la carrière inférieure du gypse, des couches de *calcaire magnésien* redressées, formant une espèce de dyke dans cette roche. En brisant des blocs de gypse, on les trouve composés d'anhydrite à l'intérieur, ce qui est d'accord avec les observations de de Charpentier, qui a soutenu que les gypses des Alpes proviennent d'une altération de l'anhydrite. La superposition du gneiss (*s*) à la cargneule et au gypse (*ca*, *gy*) ne se voit pas au col du mont Lacha, quoique la cargneule passe entre le sommet de cette dernière montagne et Pierre Ronde ou base de l'Aiguille du Goûter.

Du sommet du **mont Lacha,** cette même couche de cargneule descend du côté du glacier de Bionnassay, remonte au col de Tricot, redescend à la montagne de Miage, arrive au Trot[1] et semble se perdre dans la vallée de Montjoie près des Contamines.

§ 549. — Le mont Lacha et le **col de Voza** terminent au S.-O. la vallée de Chamonix et relient la chaîne du Mont-Blanc, dirigée du S.-O. au N.-E., à la montagne du Prarion qui court du N. au S. Le mont Lacha commence donc au col de Voza, élevé de 1668 mètres au-dessus du niveau de la mer, et se termine au pied de l'Aiguille du Goûter par une tête arrondie et gazonnée, où j'ai trouvé une bélemnite. Cette sommité est élevée de 2135 mètres au-dessus du niveau de la mer d'après mon observation, et de 2111 mètres d'après la carte du capitaine Mieulet. Entre le col de Voza et le mont Lacha on a établi une petite auberge, fort connue des touristes sous le nom de Pavillon de Bellevue[2]. Je ne puis parler de cet endroit sans penser avec

[1] Voyez une note § 556.

[2] J'ai pris quatre mesures barométriques au Pavillon de Bellevue: deux,

émotion aux heureux moments que j'y ai passés. J'y ai été dix ou douze fois. Souvent je n'ai fait que traverser la montagne en y prenant quelques heures de repos; d'autres fois j'y ai séjourné plus longtemps, et toujours j'ai été plus enchanté et plus jouissant du bon air qu'on y respire et du spectacle admirable que présente la vallée de Chamonix. J'aurais été un ingrat si, au milieu de mes descriptions géologiques, je n'avais su dire que le Pavillon de Bellevue et le Prarion m'apparaissent comme des lieux enchantés, où l'on oublie ses peines et ses fatigues.

Le mont Lacha est entièrement formé de calcaire et de schistes plus ou moins argileux. M. Charters a soutenu que les couches de cette montagne s'appuient sur la chaîne du Mont-Blanc, et que ce n'est qu'une fausse apparence, due au clivage, qui fait croire qu'elles plongent sous la chaîne centrale[1]. De Saussure croyait « que les pierres « feuilletées, de quelque nature qu'elles soient, ont constam« ment leurs couches parallèles à leurs feuillets[2]. » Lorsque la disposition en feuillets résulte de la manière dont le dépôt s'est formé, le fait est généralement vrai; mais depuis l'époque où vivait ce célèbre observateur, on a constaté qu'il y a des roches dont les feuillets doivent leur origine à une cause autre que celle de la sédimentation. Cette structure peut provenir de l'énorme pression que certaines masses minérales ont supportée dans les mouve-

en 1848, m'ont donné 1793 et 1798 mètres; une en 1851, 1798 mètres; et une en 1860, 1797 mètres.

[1] On a section near Mont-Blanc, *Quart. Journ. of Geolog. Soc. of London*, 1857, XII, 385.

[2] *Voyages*, § 1287. M. Murchison a publié un mémoire sur la coïncidence entre la stratification et la foliation dans les roches cristallines du nord de l'Écosse. *Quart. Journ. of Geolog. Society*, 1861, XVII, 232.

ments du sol, et l'on a nommé **clivage** les joints qui donnent à la roche un aspect feuilleté.

L'étude de ce clivage est très-intéressante. Je me bornerai, cependant, à renvoyer le lecteur aux mémoires de MM. Sedgwick[1], Phillips[2], Jukes[3], Darwin[4], Sharpe[5], Hopkins[6], D. Forbes[7], Laugel[8], Sorby[9], Poulett Scrope[10], Harkness[11], etc. Ce clivage peut produire, sans aucun doute, des illusions par sa ressemblance avec la stratification. Cependant je ne puis partager l'opinion de M. Charters, et je pense que les couches du mont Lacha, voisines du Mont-Blanc, plongent au S.-E., comme toutes les couches calcaires de la vallée de Chamonix. On le voit avec évidence lorsque, en venant de Chamonix, on monte par le sentier du Lavouet au Pavillon de Bellevue. Mais si les couches calcaires de la vallée de Chamonix, après avoir plongé sous la chaîne du Mont-Blanc, se recourbent en forme de demi-anneau pour venir se relever contre le Prarion, prolongement de la chaîne des Aiguilles Rouges, on doit trouver des traces de cette courbure entre le Prarion et le mont Lacha. Tout au moins, si l'on ne peut découvrir la courbure des couches elle-même, on doit voir reparaître aux deux extrémités de cet espace des roches de nature

[1] *Transact. geologic. de Londres*, III, 469.

[2] *Encyclop. Metrop.*, 1833; *Guide to geology*, 1834-6-54; *Treatise of geology*, 1853; *Brit. assoc. Report*, 1843.

[3] *The Student's Manual of geology*, 1857.

[4] *South america*, 158.

[5] *Quart. Journ. of Geol. Soc.*, 1846, III, 74; 1848, V, 111. Travaux analysés par Renevier, *Bull. Soc. Vaud.*, 1855, IV, 379.

[6] *Quart. Journ.*, 1855, XI, 143.

[7] *Id.*, 1855, XI, 166.

[8] *Comptes rendus*, 1855, XL, 182, 978; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, XII, 365.

[9] *Phil. Magaz.*, janvier 1856; *Archives*, 1856, XXXII, 257.

[10] *Quart. Journ.*, 1858, XV, 84.

[11] *Id.*, 1858, XV, 86.

semblable, dont la disposition dénote la forme de demi-anneau prise par le terrain. Cette idée théorique donne un grand intérêt à l'étude du mont Lacha et du Prarion, et nous allons chercher jusqu'à quel point les faits nous autorisent à l'admettre.

Comme je l'ai dit, on voit sur le sentier du Lavouet, au pied du mont Lacha, les couches plonger au S.-E. (Pl. XIX, fig. 2). La *cargneule* et le *gypse* (*ca* et *gy*) du nant de la Gria occupent la partie supérieure et sont en contact avec les schistes cristallins; ils reposent sur une couche d'ardoises pourries et sur un *calcaire siliceux rugueux* (*j*) avec encrines (?), qui surmontent des *schistes argileux* ou *argilo-calcaires* (*j'*) parsemés de paillettes de mica presque imperceptibles; les bélemnites y abondent, on peut en recueillir sur un petit plateau situé en aval de la *Ravine* et des granges du Lavouet. Elles se trouvent dans les débris tombés du mont Lacha; malheureusement elles sont déformées, brisées et allongées par le clivage. Les vides qui se sont faits entre les divers fragments ont été remplis de chaux carbonatée ou de quartz comme les fissures de la roche. J'ai trouvé quelques traces d'ammonites indéterminables, et M. V. Payot m'a montré une empreinte de ce genre venant de cette localité; quoique mal conservée, elle paraît avoir plus de rapport avec les ammonites de l'oolite inférieure qu'avec celles du lias.

Ces roches s'appuyent sur des alternances de *calcaire* et de *schistes argilo-calcaires* (*j''*) très-contournés qui forment la partie de la montagne où se trouve le Pavillon de Bellevue et s'étendent jusqu'au col de Voza.

§ 550. — Dans la **montagne de Tricot** ou du Vorassex, qui s'élève au delà du vallon de Bionnassay, les cou-

ches sont le prolongement de celles du mont Lacha et ont une inclinaison de 70° environ du côté du Mont-Blanc.

Mais revenons au col de Voza. En montant de là sur la partie S. du Prarion on voit, au-dessus des Granges, les *schistes jurassiques* du col (*j''*, Pl. XIX, fig. 2) s'appuyer sur les couches triasiques suivantes : *cargneule* (*ca*) au Tovet, *calcaire dolomitique* gris-blanc (*d*), *grès* (*ak*) ayant beaucoup de rapport avec le grès arkose. Vient ensuite une grande masse (*a*) formée d'alternances de *grès noirs micacés* et de belles ardoises dirigées du N. 25° E. au S. 25° O., plongeant de 55° environ au S.-E. et appartenant, je crois, au terrain houiller, parce qu'elles sont inférieures aux roches triasiques, et qu'elles paraissent être le prolongement du terrain houiller de la montagne du Fer ou de Coupeau (§ 456). Cependant je n'y ai jamais vu de végétaux fossiles. Ces ardoises sont traversées par des veines de quartz contenant des cristaux de quartz hyalin bien certainement d'origine aqueuse.

La réapparition au Tovet des cargneules que nous avons vues au nant de la Gria, à l'autre extrémité de la coupe, est-elle suffisante pour démontrer que les couches sont repliées sur elles-mêmes, comme l'indique la ligne ponctuée de la fig. 2, Pl. XIX ? Je le crois, bien que j'eusse désiré en trouver des preuves plus positives. Quoi qu'il en soit, je suis persuadé que les couches du mont Lacha, voisines du Mont-Blanc, plongent sous la chaîne centrale.

Les couches de cargneule (*ca*) se prolongent du côté de l'extrémité S. du Prarion, près d'un gros rocher de schiste argileux et de grès houiller nommé **Tête du Chêne**, qui domine le torrent de Bionnassay. La cargneule ne se voit pas sur le revers du col de Voza, du côté de la vallée de Chamonix ; elle est probablement recouverte par le terrain

erratique et la terre végétale. Mais le grès arkose triasique atteint, comme je l'ai dit, une importance considérable près de Chavans. On y trouve du jaspe semblable à celui de St-Gervais, en sorte que ce minéral se montre sur les deux versants du Prarion.

V. REVERS DU MONT-BLANC DU CÔTÉ DE LA VALLÉE DE MONTJOIE.

§ 551. — En partant du col de Voza, laissant derrière soi le mont Lacha, sur lequel il y a quelques blocs erratiques qui atteignent l'altitude de 1870 mètres[1], et en traversant le **Prarion**, on arrive promptement sur le versant de cette montagne du côté de la vallée de Montjoie. Il est difficile de décrire exactement la structure du Prarion, parce qu'elle n'est pas uniforme. Voici cependant comment les couches se présentent (Pl. XIX, fig. 2). Les ardoises et les grès du *terrain houiller* (*a*), dont j'ai parlé (§ 550), forment la plus grande partie de la crête de la montagne; ils sont ondulés de diverses manières et disparaissent à l'extrémité S. du Prarion. Sur le revers N.-O. les *grès arkoses* (*ak*)[2] sont très-bien développés, surtout près de Fontaine et de Motivon. Ils plongent à l'O. environ et sont recouverts par les *schistes argilo-ferrugineux rouges et verts* (*ar*) qui le sont à leur tour par la *cargneule* (*ca*). Ces roches forment un plateau incliné et concave sur le flanc de la montagne. Au-dessous se voient des *schistes cristallins* (*s*) très-chargés de mica blanc; près de

[1] Non pas 1807 mètres, comme je l'ai dit dans mon explication de la carte géologique des parties de la Savoie, etc.

[2] Le signe (*ak*) manque dans la fig. 2 près de Motivon.

Vernet, ils sont en feuillets dirigés environ du N. 5° E. au S. 5° O. et inclinés d'environ 80° à peu près à l'E. Le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, le grès arkose et la cargneule se retrouvent près de St-Gervais le village, sur les rives du Bon-Nant et aux environs des **bains de St-Gervais**; là, sur la rive gauche du torrent, on observe la *cargneule* quelquefois rouge, associée avec du gypse, recouverte par les *schistes argileux* et argilo-calcaires *jurassiques* (*j*), qui se redressent contre la rive droite sur laquelle le schiste *argilo-ferrugineux rouge et vert* (*ar*) s'appuie sur le *grès arkose* (*ak*) et s'élève très-haut contre le flanc du Prarion.

Depuis peu de temps on exploite dans le torrent des Cheminées des Fées, du **jaspe** qui fait partie du grès arkose. De Saussure en avait signalé la présence[1]; il est en veines d'un beau rouge associées à du quartz blanc, à de la chaux carbonatée ferrifère, plus ou moins brune, et à une substance talqueuse verdâtre. J'ai été surpris de voir au musée de géologie pratique de Londres, des jaspes de même apparence provenant du terrain cambrien de Llanfechell dans l'île d'Anglésea. Parmi les observations curieuses faites sur les jaspes, on peut indiquer celles de M. Durocher[2] et celles de M. Schaffner[3]. Ce dernier a trouvé dans ce minéral bon nombre d'algues, ce qui, d'après lui, assigne au jaspe une origine d'eau douce; celui de St-Gervais n'a pas été examiné à ce point de vue.

La cascade des bains de St-Gervais est encaissée dans des

[1] *Voyages*, § 1134. M. V. Payot croit qu'on trouve de la calcédoine et de l'opale avec ce jaspe.

[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1846, III, 546, 568.

[3] *Ueber die fossilien Alpen-Flora*, 1859, n° 36, et *Archives*, 1860, VIII, 79.

rochers de grès arkose, à la partie supérieure desquels, près de St-Greppin, on voit quelques traces de jaspe, ce grès se montre aussi au pont du Diable où il est recouvert par le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert et par la cargneule. Au N.-E. des bains il se prolonge sur les flancs de la Tête de Montfort (Tête Noire de la carte du capitaine Mieulet) et le long de l'Arve.

Il est surprenant de trouver, au sommet du Prarion, le terrain houiller au-dessous des roches triasiques, tandis que sur le flanc de cette même montagne, à Vernet, les roches triasiques recouvrent sans intermédiaire les schistes cristallins. La ligne ponctuée de la Pl. XIX, fig. 2, indique les bouleversements que ces formations ont subis, et fait comprendre comment les terrains jurassiques, situés à l'extrémité occidentale de la coupe, ont pu être repliés de manière à être surmontés par les roches cristallines du grand massif du Mont-Blanc.

§ 552. — En amont de la cascade des bains et sur la rive gauche du Bon-Nant, un peu au-dessous du Châtelet près de Nerey, on a trouvé de l'**anthracite** dans un gisement difficile à déterminer, car le terrain paraît mouvant. On voit dans cette localité un grès micacé noir, pyriteux, ayant du rapport avec le grès houiller et associé à l'anthracite. Il semble situé dans la partie supérieure de la cargneule. Sans ajouter une trop grande foi à cette disposition des terrains, je ne puis m'empêcher de rapprocher ce combustible de celui de la Dranse, qui a été trouvé aussi dans la cargneule du trias. Pourquoi n'y aurait-il pas un combustible triasique?

A quelques kilomètres en amont, au **nant Tarchey**, entre St-Gervais et St-Nicolas de Véroce, on voit encore, dans la partie supérieure de la cargneule, de l'anthracite

dont la position peut expliquer jusqu'à un certain point pourquoi M. de la Harpe, dans sa notice sur les environs de St-Gervais, place les schistes ardoisiers anthracifères au-dessus de la cargneule [1]. Mais il est évident que les schistes anthracifères qui ont un pareil gisement, n'appartiennent pas au terrain houiller.

§ 553. — La montagne du Prarion est divisée en deux parties par le col de **la Forclaz**, passage facile et pittoresque. En partant de St-Gervais le village, on commence par monter très-rapidement, et l'on ne passe pas loin du singulier ravin appelé les **Cheminées des Fées**, où de gros blocs de pierre surmontent des pyramides aiguës de terre et de débris. Une légende prétend que des fées sont venues placer ces grosses pierres sur ces pyramides, alors que celles-ci avaient déjà reçu leur forme; mais je crois que les choses ne se passent de cette manière que dans les pays réellement habités par les fées. Dans ceux où elles n'interviennent pas, les gros cailloux des terrains diluviens mettent à l'abri de la pluie les terres placées au-dessous d'eux, tandis que celles qui ne sont pas abritées sont entraînées. Cette action s'est produite dans la grande masse de terrain glaciaire qui est arrivée par le col de la Forclaz. On voit dans ce ravin une dolomie grise, et un calcaire feuilleté et fétide ayant l'apparence d'un gneiss, tous deux supérieurs au grès arkose et au jaspe qui se trouvent plus bas.

Ce grand dépôt glaciaire des Cheminées des Fées n'est pas seul de son espèce sur le flanc du Prarion, il y en a plusieurs autres près du village de St-Gervais, l'hôtel du Mont-Joli est adossé à une ancienne **moraine.** Les roches mou-

[1] *Bullet. Soc. vaud. des sc. nat.*, 1857, V, 197.

tonnées atteignent un niveau très-élevé; on en observe au Plan de Motivon, et elles ont probablement existé jusqu'au sommet du Prarion, quoiqu'on ne les y reconnaisse plus maintenant. Les **blocs erratiques** sont abondants dans la région la plus élevée de la montagne au S. de la Forclaz, c'est-à-dire à une altitude de près de 1900 mètres.

En continuant l'ascension du col de la Forclaz, nous trouvons la cargneule qui vient affleurer près du chemin au niveau du village de Mont-Paccard. Dans une petite plaine un peu plus haut, mais avant le point culminant on a découvert, en 1853, une inscription romaine remontant à l'an 74 de notre ère, et qui prouve que, déjà à cette époque reculée, on attachait de l'importance aux limites territoriales dans ces hautes montagnes [1].

En descendant de la Forclaz du côté de Chamonix, on observe des roches carbonifères qui sont le prolongement des ardoises du sommet du Prarion; elles forment une petite combe au **hameau de Grange**, près duquel se trouve une belle surface anciennement polie par les glaciers, décrite et figurée par M. Ch. Martins [2]. On y voit que des rognons de quartz ont résisté à l'action de la glace, et ont dû creuser dans celle-ci des sillons concaves, de telle sorte que la surface de la roche a été préservée en aval de ces rognons, et que le schiste argileux forme des espèces de demi-cylindres convexes sur la roche polie.

Au delà du hameau de Grange s'élève une petite crête de rochers, composée de grès arkose plus ou moins rose et

[1] *Journ. de Genève*, 31 décembre 1853; *Bullet. archéologique de Rome*, in-f°, 1854; *Mém. de l'Acad. impériale de Savoie*, 1862, V, LVIII; et *Carte topographique de la vallée de Montjoie et des environs des bains de St-Gervais en Savoie*, par M. Payen; *Revue savoisienne*, 15 oct. et 15 nov. 1864.

[2] *Bull. Soc. géol. de France*, 1845, III, 109.

de quartzite dont les couches s'appuient sur le Prarion. Quelques fragments ont le plus grand rapport avec la protogine rose. Au delà de cette crête devraient se trouver la cargneule et les schistes jurassiques, mais ils sont cachés sous la terre végétale. Le grès arkose, comme nous l'avons déjà dit, se prolonge du côté de Chavans, en sorte qu'il se trouve sur les deux versants de la montagne du Prarion (§ 492).

§ 554. — La description de cette montagne m'ayant éloigné de la base de la chaîne du Mont-Blanc, je reviens au col de Voza pour descendre dans la vallée de Montjoie en passant par Bionassay. On voit dans le vallon de ce nom de grandes moraines abandonnées depuis longtemps par le glacier (§ 126).

En descendant de Bionassay à **Bionay**, on remarque sur la droite du chemin :

1. Les schistes calcaires du col de Voza.

2. La cargneule.

3. Le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert.

4. Un espace où l'on ne voit pas de roche ; je suis porté à croire qu'il est occupé par un quartzite.

5. Des ardoises ou schistes argileux noirs du terrain houiller.

6. Des roches feldspathiques schisteuses, composées des éléments de la protogine, et accompagnées d'une espèce de protogine rouge à grains si fins qu'on la prendrait facilement pour un grès rouge. On voit aussi des schistes cristallins à grandes lamelles de mica. Ces roches se trouvent dans la partie supérieure du défilé que l'on franchit un peu au-dessous de Bionassay ; le reste du chemin jusqu'à Bionay est occupé par des schistes très-cristallins, à grandes lames de mica blanchâtre ou verdâtre.

Près de ce dernier village, on observe de gros blocs erratiques appartenant à des roches variées assez rares : les principales sont amphiboliques, voisines de la syénite ou de l'arkésine ; elles renferment des veines contenant, soit de l'amiantoïde, soit des cristaux de feldspath et de chaux carbonatée. D'autres blocs sont composés de schistes amphiboliques, d'une espèce de pegmatite ou d'une jolie protogine à grands cristaux de feldspath rose ou vert.

De Bionassay, on peut rejoindre la route de la vallée de Montjoie en passant par **Champel.** Les grès houillers se prolongent jusqu'au cône de déjection de la Gruvaz. C'est là que se termine la chaîne du Prarion, qui est le prolongement de celle des Aiguilles Rouges. Cette chaîne, qui a un si grand développement du côté du N.-E., finit au S.-O par quelques monticules rocheux, situés près du hameau de Tresse, non loin de la Villette, sur la rive droite du Bon-Nant. Au delà on ne voit rien qui indique la présence d'une chaîne cristalline à peu près parallèle à celle du Mont-Blanc ; cependant à quelques lieues plus au S. s'élève la montagne de la Rosselette, qui peut être considérée comme le prolongement du Prarion.

En faisant la coupe des environs de Champel et en y comprenant la rive gauche de la vallée jusqu'à St-Nicolas de Véroce, on trouve des terrains se succédant de la manière suivante (Pl. XVIII, fig. 11). La grande Aiguille de Tricot est formée de *schistes cristallins* (*s*) reposant, comme les schistes de la vallée de Chamonix, sur les *gypses* et la *cargneule* (*ca*). Cette dernière couche, qui est la même que celle du mont Lacha, se voit au col de Tricot et à la montagne de Miage. Au-dessous viennent des *calcaires* et *schistes argilo-calcaires à Belemnites* (*j*) de la montagne de Tricot, qui reposent au-dessus de Champel sur de la *cargneule* (*ca*)

peu visible. Elle est le prolongement de celle du col de Voza. A Champel, j'ai cru reconnaître le *grès arkose* (*ak*). Les ardoises noires du *terrain houiller* (*h*) se trouvent plus bas. Elles sont associées à des schistes argileux micacés, noirs, contenant de la plombagine et des pyrites, passant quelquefois au schiste talqueux coupé par des veines de quartz et des grès, et formant au-dessus de Champel des monticules d'un brun noir; dans un ravin près du sentier de Champel à Tricot, du côté de Bionassay, cette couche de schistes argileux renferme un amas d'anthracite. Au-dessous on voit des *schistes cristallins* très-variés (*s*) qui s'étendent jusque sur les bords du Bon-Nant; de Saussure a reconnu avec raison que les roches qui longent la vallée sont composées de quartz et de mica [1], et que leurs bancs sont à peu près perpendiculaires à l'horizon et courent du N. au S. On voit aussi au pied de la montagne dominant **Bionnay** des roches qui rappellent les protogines rouges; elles sont accompagnées de vrais gneiss et de schistes talqueux verdâtres.

§ 555. — De l'autre côté du Bon-Nant, en face de Champel et à la base du Mont-Joli, l'église de **Saint-Nicolas de Véroce** est bâtie sur un plateau dont les roches ont un peu la forme d'une voûte; elles s'abaissent et disparaissent au S. de l'église. C'est un dernier lambeau de la chaîne des Aiguilles Rouges qui s'enfonce sous le grand district argilo-calcaire du Mont-Joli. Cet endroit est fort remarquable par la vue dont on y jouit. Si nous continuons à étudier la coupe commencée à Champel (Pl. XVIII, fig. 11), nous verrons que la base de la colline de St-Nicolas de Véroce est formée par des *schistes cristallins* (*s*) à

[1] *Voyages*, § 753.

grandes lames de mica blanc, semblables à ceux de Bionay et de la Vilette. Au-dessus vient un *quartzite* (*q*) sur lequel repose (à côté de l'église) un *grès arkose* (*ak*) à gros grains de quartz rose associé à un schiste d'un vert clair ; le grès est exploité comme pierre meulière. On y a découvert une veine de fer oligiste d'une faible importance industrielle. Ces grès arkoses sont dominés par des *dolomies grises* et des *cargneules* (*ca*) qui sont le prolongement de celles des bains de St-Gervais et de Servoz (§ 462); près du hameau des Plans elles sont associées à des gypses et surmontées par la grande masse de *schistes jurassiques* (*j*) plus ou moins calcaires du Mont-Joli. La ligne ponctuée de la coupe nous montre que l'allure des couches est la même que celle des terrains du col de Voza.

N'est-il pas singulier de voir les deux grandes masses de calcaire jurassique de la montagne de Tricot et du Mont-Joli, s'appuyer sur le prolongement peu élevé du Prarion et des Aiguilles Rouges, qui est plutôt une vallée qu'une montagne. Cette coupe est semblable à celle du col d'Anterne à Chamonix ; mais la chaîne des Aiguilles Rouges est ici tout à fait déprimée.

La montagne de Tricot ne peut, à cause de sa structure, nous donner une idée de la puissance du terrain jurassique ; mais les couches du **Mont-Joli** sont assez régulières et assez horizontales pour que la différence entre le fond de la vallée près des Contamines et le sommet de cette montagne nous permette de l'évaluer approximativement. Or, cette différence est de 1370 mètres, le Mont-Joli étant à 2540 mètres au-dessus de la mer et Contamines à 1170 mètres. Cette grande épaisseur du terrain jurassique est d'autant plus surprenante qu'on ne voit aucun contournement dans les couches.

§ 556. — En 1848, je fis sans guide une course assez intéressante. En partant de St-Gervais, j'allai à Champel relever la coupe que j'ai donnée ci-dessus, et je suivis le petit sentier qui conduit à la **montagne de Miage,** en passant le long des flancs rapides du Tricot formés de calcaire jurassique schisteux. Les pâturages atteignent 30 à 40° d'inclinaison et même 45° près des escarpements. Dans l'avant-dernier des ruisseaux qui parcourent ces pentes, avant d'arriver à Miage, on voit de nombreuses bélemnites situées dans le plan des couches dont l'inclinaison, d'environ 70° au S.-E., les fait passer sous la cargneule qui plonge elle-même sous les schistes cristallins [1]. Le col de Tricot [2], situé à 300 ou 400 mètres au-dessus des chalets de Miage, est creusé dans cette cargneule. Les pâturages de Miage occupent un plan incliné où l'on remarque beaucoup de blocs erratiques et d'anciennes moraines. Cette espèce de plateau forme un grand ovale, terminé du côté d'en haut par le glacier de même nom. A la partie supérieure de ce glacier se trouve le passage du **col de Miage,** conduisant à Courmayeur. Il avait été, dit-on, pratiqué anciennement, puis abandonné à la fin du siècle dernier à la suite de l'augmentation des glaces et après un accident dans lequel périt un paysan; il a été dernièrement franchi par les membres de l'*Alpin club.* Au pied du glacier de Miage, je traversai avec beaucoup de peine et non sans danger le torrent qui en sort. Pendant que j'étais immobile sur une pierre au milieu de ses eaux écumantes, serrant

[1] Je dois à l'obligeance de MM. de Nicolaï des bélemnites qu'ils ont recueillies dans la montagne de Tricot ou de Vorassex.

[2] Le col de Tricot est marqué du n° 2133 sur la carte du capitaine Mieulet, c'est à tort qu'au S.-O. de Miage on voit le nom de Tricot, il doit être remplacé par celui de Trot.

ma pique et examinant de quel côté je pouvais renouveler un saut semblable à celui que je venais de faire, je vis accourir une vieille femme qui levait les bras au ciel avec une expression de désespoir. Je la crus folle. Mais lorsque, par un bond prudemment calculé, je fus sorti de la position embarrassante où je me trouvais, la vieille vint à moi et me gronda sévèrement de braver inutilement des dangers. Elle avait raison, je lui en ai toujours eu de la reconnaissance.

Le glacier de Miage apporte des blocs feldspathiques renfermant de l'hypersthène, des schistes cristallins, beaucoup de gneiss gris, des protogines schisteuses, mais point de vraies protogines : ce qui confirme la position de la limite que j'ai tracée entre ces roches et les schistes cristallins.

La montagne du Trot est formée de schistes variés, talqueux, chloriteux, quartzeux, associés à de la pierre ollaire. Entre les chalets de Miage et ceux du Trot, on observe la cargneule avec du gypse très-blanc. Cette couche se prolonge du côté du S. jusqu'aux Contamines, peut-être jusqu'à La Jat ou Layat au pied du glacier de Trelatête et au Bon-Homme.

En descendant de la montagne du Trot du côté des Contamines, on traverse un grand massif de calcaire jurassique qui est le prolongement de celui de Tricot. Ce calcaire est clivé en divers sens, et les joints se coupent sous des angles qui ne sont pas droits ; mais la vraie stratification, qui est indiquée par de grandes couches et par des bélemnites dont la longueur est parallèle au plan des couches, s'incline sous la chaîne du Mont-Blanc.

§ 557. — La course du **glacier de Trelatête,** qui se fait ordinairement en partant de St-Gervais ou des Contamines et en redescendant à Nant-Borant, est fort belle. Un

orage m'empêcha d'aller beaucoup plus haut que la petite auberge récemment construite; mais si je juge du glacier supérieur, qu'on nomme Trelagrand, par la vue qu'on en a du col Joli, du col de l'Enclave de la Rosselette où de la cime des Fours, il doit être beau à visiter; car il occupe une longue vallée qui remonte du côté de la cime du Mont-Blanc, et qui est à peu près dans la direction de l'axe de la chaîne.

Pour s'y rendre, on prend près du village des Contamines un sentier qui traverse l'affleurement de la cargneule flanquée, du côté du Mont-Blanc, de gneiss avec des veines de quartz et des petits cristaux d'épidote. Le glacier présente de belles moraines dans lesquelles il n'y a pas de vraie protogine. On descend à Nant-Borant en traversant des endroits pittoresques, et une grande étendue de roches moutonnées parsemées de blocs erratiques, parmi lesquels on remarque des espèces de syénites semblables à celles qui sont en blocs à N.-D. de la Gorge et à Bionay. Des roches de même nature s'observant aussi en Valais, on ne peut savoir si celles qui sont à l'état erratique dans les environs de Genève, y sont arrivées par la vallée de l'Arve ou par celle du Rhône.

En passant près des granges de **La Jat** ou **Layat,** on observe un banc vertical de cargneule dans l'intérieur de roches identiques aux schistes cristallins talqueux. Cette couche se prolonge du côté des chalets de Sologne et des Contamines et près des lacs du mont Jovet. Il est assez probable que les schistes cristallins au-dessus ou au-dessous de la cargneule sont des grès, mais je n'ai pu les reconnaître, et je vois que de Saussure a signalé également l'extrême ressemblance qui existe entre les schistes

cristallins et les grès du Bon-Homme[1], qui sont voisins et à peu près de même nature que ceux de La Jat. Le glacier de Trelatête s'est beaucoup étendu postérieurement l'époque glaciaire, comme le démontre la position de l'ancienne et belle moraine située sur la rive gauche du Bon-Nant, en amont de Nant-Borant, qui est presque aussi élevée que celle d'Argentière; c'est lui encore qui a porté de nombreux blocs erratiques entre Nant-Borant et le col Joli, où ils sont mélangés avec les éboulements de la Rosselette.

Lorsqu'on chemine dans la vallée entre les Contamines et Nant-Borant, on remarque des schistes cristallins à la première montée, si caractéristique, du **passage du Bon-Homme.** « Ce sont, dit de Saussure[2], des mélanges très-« variés de quartz, de feldspath et de schorl. On y voit du « granit simple ou *granitello* des Italiens, etc., uni à des « couches de roche de corne. » Ces couches sont les mêmes que celles des granges de La Jat dont je viens de parler. On laisse sur la rive gauche du Bon-Nant N. D. de la Gorge, lieu de pèlerinage assez fréquenté.

§ 558. — J'abandonne pendant quelques instants le flanc du massif du Mont-Blanc, pour parler d'une montagne qui en est voisine et qui, par sa structure, est liée avec la chaîne centrale. Elle est au S.-O. de Nant-Borant et à l'O. du sentier de Nant-Borant au Bon-Homme. Ses diverses parties portent des noms variés, mais je la désignerai dans son ensemble par celui de Rosselette. Au centre de la montagne sont les passages de la Fenêtre et de l'Enclave (qu'il ne faut pas confondre avec l'Enclave du mont Jovet). La pointe élevée de l'Épine est plus au S., et les rochers des Bancs,

[1] *Voyages*, § 763.
[2] *Id.*, § 756.

qui sont plus au S. encore, sont moins hauts. De Saussure a donné quelques renseignements sur cette petite chaîne[1] qu'il représente comme étant formée de rochers calcaires, reposant sur des roches primitives. La structure n'en est cependant pas aussi simple. Pour chercher à m'en rendre compte, j'en ai fait le tour complet, et j'ai passé le col de l'Enclave d'où la vue sur le massif du Mont-Blanc est très-remarquable (Pl. XIX, fig. 8). On y voit la vallée supérieure du glacier de Trelatête, et on observe que les couches des schistes cristallins, inclinées sous le Mont-Blanc, en occupent le flanc de la base jusqu'au Dôme du Goûter.

Lorsqu'on s'avance des Contamines vers le fond de la vallée de Montjoie, la Rosselette se présente comme dans la Pl. XX, fig. 1 ; les couches (*a*) de la partie supérieure paraissent être en forme de fond de bateau et reposer sur des schistes argileux ou argilo-calcaires (*b*) et sur de la cargneule (*ca*); mais c'est une illusion. La partie supérieure est occupée, à l'extrémite N., par des roches cristallines qui, de même que dans la chaîne du Mont-Blanc, sont renversées et surplombent, surtout du côté de l'O., sur des schistes calcaires dans lesquels j'ai trouvé, près de Nant-Borant, une pentacrinite et une bélemnite. La base de la montagne, dans les environs des chalets de Barme (route du Bon-Homme), est, comme le dit de Saussure, formée par des roches primitives. On les voit très-bien dans le rocher du Petit Arolley, qui est de gneiss à mica brun noirâtre, et de protogine verdâtre s'élevant comme un dyke. D'après de Saussure, ces roches seraient un promontoire de la chaîne du Mont-Blanc, s'avançant sous la chaîne secondaire située à l'occident de la vallée. On peut regarder ces roches cristallines

[1] *Voyages*, § 759.

comme une réapparition de celles des Aiguilles Rouges ou du Prarion sur le prolongement duquel elles sont situées. L'extrême voisinage de cette chaîne et de celle du Mont-Blanc expliquerait pourquoi la structure des terrains y est si compliquée.

Les **rochers des Enclaves** forment une crête excessivement dentelée, et sont de calcaire jurassique contenant des bélemnites. Ils sont reliés aux roches jurassiques à bélemnites du Bon-Homme par les hautes pointes calcaires de l'Épine. A l'Enclave on voit le contact immédiat de la protogine[1] et des calcaires schisteux, gris, talqueux, un peu cristallins. La grande masse cristalline, qui occupe le centre et le N. de la Rosselette, présente des feuillets presque verticaux du côté de l'Enclave, encore verticaux au centre et surplombant du côté du col Joli. C'est une structure en éventail sur une petite échelle. Du côté de ce col, sur le flanc de la Rosselette et près de la limite des roches sédimentaires et cristallines, on observe :

1. Un gneiss peu micacé (nº 14, Pl. XXIII, fig. 7, § 621).

2. Un quartzite pétrosiliceux, nº 13.

3. Un calcaire gris, schisteux, talqueux, dolomitique, nº 12, semblable à celui qui est au contact de la protogine à l'Enclave et à ceux qui se trouvent autour du Mont-Blanc dans le val d'Entrèves. Ces couches plongent à peu près au S.-E., c'est-à-dire sous la chaîne de la Rosselette.

4. Au-dessous vient un schiste argileux ou argilo-calcaire, nº 11, dont on voit bien la position au col Joli et dans les grands ravins qui descendent près de Nant-Borant ; j'y ai trouvé une bélemnite.

§ 559. — La plus grande partie du revers occidental de

[1] M. de Mortillet admet que le sommet des Enclaves est formé de roches cristallines.

la Rosselette est occupée par la *Grande Pierrière*, énorme éboulement qui rend l'accès de cette montagne assez pénible de ce côté; en en suivant la base et en allant au S., on arrive à une combe qui sépare les pâturages de la Giettaz-dessus des rochers des Bancs, et on observe, sous le sentier qui descend de cette montagne, le contact d'une protogine verdâtre avec un calcaire schisteux noirâtre. De là on peut descendre aux chalets de la Giettaz-dessous, pour se rendre au chalet du Cavet et au col du Bon-Homme par le col de la Sauce. En y montant, on laisse à gauche un escarpement de schistes cristallins recouverts par des calcaires; on atteint ensuite des calcaires schisteux dirigés du N. 30° E. au S. 30° O. et plongeant au S.-E.; on arrive sur le plateau de la Sauce, et après avoir franchi le torrent, on observe la coupe suivante, qui s'étend du fond du plateau aux montagnes de la Giettaz ou de la Gîte, en traversant les rochers des Bancs (Pl. XIX, fig. 7) :

1. Protogine avec des veines de quartz, de chlorite ou de pierre ollaire, ressemblant parfois à des schistes cristallins et formant une grande surface à la partie supérieure du plateau de la Sauce, au-dessous de la *traversée* du Bon-Homme.

2. Calcaire avec entroques, peu épais, bleuâtre, schisteux, mélangé de calcaire talqueux et de schiste blanchâtre.

3. Ardoise noire.

4. Grès arkose et schiste talqueux.

5. Cargneule près du **Cavet** en couches verticales.

6. Grandes masses de calcaire jurassique de la montagne de l'Épine, plongeant contre la cargneule et en sens opposé des couches précédentes.

7. Protogine? formant un grand filon s'élevant au sommet de la montagne. Elle est le prolongement du rocher du

Petit Arolley, situé sur le revers oriental de la Rosselette, et continue dans les montagnes au S., du côté de la Crête des Merlets.

8. Calcaire schisteux gris.
9. Schistes à empreintes de plantes?
10. Grès.
11. Cargneule voisine de la Giettaz-dessous.

« Les couches inférieures du lias des environs de Mou-
« tiers, dit M. Élie de Beaumont, se continuent sans inter-
« ruption jusqu'au pied des masses primitives du Mont-
« Blanc. En montant de la Gîte au col de la Sauce qui tient
« à celui du Bon-Homme, j'ai trouvé, dans des couches peu
« élevées de ce système, une ammonite à cloisons persillées,
« des bélemnites et des pentacrinites. Au col du Bon-
« Homme, et à Roselen, j'ai trouvé des pentacrinites (et des
« pointes d'oursins?) dans les couches secondaires presque
« immédiatement superposées aux roches primitives et in-
« férieures à la presque totalité du système secondaire de
« ces contrées[1]. »

Les ammonites et les bélemnites du col de la Sauce ont probablement été découvertes dans le calcaire nº 6. Ce calcaire passe du revers N. du Mont-Blanc au revers méridional, comme je le dirai plus tard.

Cette coupe est semblable à celle que l'on voit du Cavet lorsqu'on regarde la *traversée* du Bon-Homme; seulement les couches se présentent ici dans une position différente, et l'on voit mieux la superposition des calcaires aux grès.

Les environs du chalet de la Sauce sont des plus intéressants; je ne puis assez dire combien je regrette de n'avoir pu les examiner à mon aise; mais j'étais menacé par le mau-

[1] *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XV, 358.

vais temps. Il tombait déjà une pluie fine et froide, accompagnée de terribles bourrasques de vent; étant seul, je craignais de me perdre dans ces grandes solitudes où l'on est entouré de dangers dès que, par le brouillard, on sort du sentier battu; et j'étais inquiet, avec raison, sur la manière dont je traverserais le rocher des Bancs, pour redescendre à la Giettaz-dessus où l'on m'attendait. Le col de la Sauce devrait être étudié avec soin; il est sur l'axe de la chaîne du Mont-Blanc, et cette chaîne, au lieu de se prolonger au S.-O., cesse à cet endroit, où les couches plongent dans le sens de sa longueur. Le parallélisme de l'inclinaison des couches avec la direction des chaînes s'observe en général près des extrémités de ces dernières. Cette disposition s'observe au mont Salève, du côté Nord-Est.

§ 560. — En résumé, la Rosselette est une petite chaîne qui s'étend de Nant-Borant au col de la Sauce; elle est formée du même calcaire qui renferme beaucoup de bélemnites au Bon-Homme; ce calcaire est traversé parallèlement aux couches par deux masses de protogine en forme de dyke. La coupe suivante est prise dans la Rosselette à peu près du S. au N. (Pl. XIX, fig. 4):

1. Calcaire formant les Aiguilles de l'Épine (la Pennaz). Ces pointes sont les mêmes que celles que j'indiquerai sous le nº 1 dans la Pl. XIX, fig. 9.

2. Calcaire noir argileux (dans la fig. 4).

3. Protogine de la Pointe d'Arolley, qui fait saillie.

4. Calcaire gris à bélemnites.

5. Calcaire noirâtre; peut-être est-il le prolongement du nº 2.

6. Protogine.

7. Schiste argileux.

8. Calcaire talqueux gris à bélemnites.

9. Schiste argileux noir.
10. Grès.
11. Cargneule voisine de Nant-Borant.

VI. DU COL DU BON-HOMME A COURMAYEUR.

§ 561. — Je reviens maintenant à Nant-Borant, pour décrire le passage du Bon-Homme. De Saussure en a aussi parlé[1], ainsi que du Plan des Dames, du Plan du Mont-Jovet et des deux tours qui dominent le col. Il les appelle le Bon-Homme et la Bonne-Femme; souvent je les ai entendu nommer la Bonne-Femme et Petit-Jean, le col lui-même étant le Bon-Homme; de cette manière la famille est plus complète. De Saussure parle encore de la traversée de trois quarts d'heure qui se fait presque horizontalement avant de gagner la descente des Chapius, sur le revers méridional : c'est là que, pendant les tourmentes, il arrive souvent des accidents. Enfin, ce savant naturaliste décrit les roches, mais ne s'occupe guère de la structure de la montagne; celle-ci est fort compliquée, et quoique j'aie traversé sept fois ce col, il me reste des doutes sur plus d'un point. M. Sharpe, qui en a donné une coupe, n'a pas réussi à jeter beaucoup de jour sur sa structure[2], et je crois que ce passage n'a jamais été décrit complétement.

[1] De Saussure a fait le passage du Bon-Homme en 1767 et en 1774 (*Voyages*, § 855 et 759); mais il ne publia sa relation qu'en 1786, tandis que J.-A. Deluc fit connaître en 1779 le voyage que son frère avait fait autour du Mont-Blanc en 1778 (*Lettres phys. et morales*, V; 395). Bourrit, qui ne s'occupait pas de géologie, mais dont les ouvrages sont intéressants, a donné le récit de son voyage autour du Mont-Blanc en 1785 (*Nouv. descript. des glacières*, III, 252.)

[2] *Archives*, 1855, XXVIII, 283.

En partant de Nant-Borant on traverse l'ancienne et belle moraine du glacier de Trelatête (§ 557); au delà on observe encore deux autres moraines moins grandes, formées plus anciennement par le même glacier. On chemine sur la rive gauche du torrent, en laissant à main droite la Rosselette dont je viens de parler. Après un premier défilé, on arrive dans la petite plaine des Praz; plus loin sont les chalets de Barme autour desquels il y a de grandes moraines et des blocs erratiques.

Au-dessus des chalets de Barme, on arrive au plateau du Mont-Jovet dont j'ai parcouru la partie orientale, voisine des lacs (§ 565). Ce plateau se termine près du Bon-Homme par un escarpement calcaire dont les couches dirigées du N. 25° E. au S. 25° O., plongent au S.-E. contre la chaîne du Mont-Blanc, et se relèvent pour former les pointes de l'Épine dans la chaîne de la Rosselette. J'ai trouvé dans ce calcaire beaucoup de bélemnites; il a été classé par M. Sharpe dans le terrain jurassique moyen, d'après des considérations relatives au clivage des masses minérales.

On franchit ce petit escarpement, et l'on passe le Plan des Dames d'où l'on découvre le col du Bon-Homme. Au milieu du **Plan des Dames** se trouve un grand tas de pierres qui serait, d'après la tradition, le tombeau de deux femmes qui auraient péri anciennement en traversant ce col[1]. M. Albanis Beaumont semble croire que ces pierres se rattachent au culte de Mercure, et que le monticule qu'elles forment remonte à une haute antiquité[2]. Quoi qu'il en soit de l'origine de ces cailloux, chacun, selon l'usage,

[1] De Saussure, § 761.
[2] *Descript. des Alpes grecques et cottiennes*, 1802. I, 116.

jette en passant une pierre sur ce tumulus, comme on le pratique à Jérusalem sur le tombeau d'Absalon[1].

Le **Tovasset** est la dernière forte montée du col du Bon-Homme. On l'appelle de ce nom parce que les gens du pays, de même que de Saussure, ont pris la cargneule pour du tuf, et que le tuf se nomme *tovet* en patois.

Les couches de grès, qui forment la Bonne-Femme et Petit-Jean (Pl. XIX, fig. 9), sont de deux espèces. Elles reposent presque horizontalement sur la tranche des schistes cristallins du Mont-Blanc, qui sont presque verticaux, tout en plongeant un peu contre la chaîne. Les couches de ces grès sont recourbées et viennent s'enfoncer sous cette même chaîne, en sorte que toutes les grandes couches calcaires qui sont à droite du passage, sont renversées et plus récentes que les cargneules et les grès sous lesquels elles plongent.

Les couches se succèdent dans l'ordre suivant, des plus récentes aux plus anciennes :

1. Calcaire bréchiforme et schiste argilo-talqueux jurassique, dans lesquels j'ai trouvé une empreinte d'ammonite, ainsi que de grandes bélemnites ayant du rapport avec celles du mont Chemin (§ 589) et avec la *B. pyramidalis*, Munst. (Zieten, Pl. XXIV, fig. 5)[2].

2. Cargneule jaune et noire, d'environ 30 mètres de puissance.

3. Calciphyre, c'est-à-dire calcaire blanc (dolomitique ?) avec cristaux d'albite, déjà indiqué par Al. Brongniart d'après Brochant de Villiers.

4. Cargneule siliceuse ? 3 mètres.

[1] F. Bovet, *Voyages en Terre-Sainte*, 1861, p. 256.

[2] L'endroit qui m'a semblé le plus riche en fossiles est un peu au-dessus du Plan des Dames, à droite en montant au Tovasset.

5. Grès ; 2 mètres.

6. Quartz blanc avec dendrites et grès ; 3 mètres.

7. Ardoises noires, bien visibles un peu au delà de la montée.

8. Grès dans lequel la forme recourbée est parfaitement marquée. Dans les hauteurs, il renferme beaucoup de cailloux, ressemble à du gravier lorsqu'il est décomposé, et devient quelquefois noir comme une scorie. Il constitue la Bonne-Femme et Petit-Jean ; entre ces rochers et la tête des Fours, il est associé à un calcaire rouge à surface noire, que je n'ai pas su trouver dans la coupe de la traversée du Bon-Homme.

9. Schistes cristallins qui se voient mal sur le passage même; cependant de Saussure a reconnu que les roches du Bon-Homme reposaient sur les rocs primitifs[1].

Dans cette coupe on voit la courbure des couches sur presque toute la longueur de la *traversée* du col; elle est remarquable près des chalets de la Sauce (§ 559).

C'est peut-être dans cette partie du passage qu'on a trouvé les deux échantillons de brewstérite, qui sont conservés à l'École des Mines de Paris. Ces cristaux reposent sur une espèce de protogine. Ils proviennent de la collection de M. de Drée, l'étiquette a été écrite par Dolomieu.

§ 562. — Si l'on continue à s'avancer dans la traversée du Bon-Homme, on remarque, lorsqu'il n'y a pas de neige, que l'on marche successivement sur les roches suivantes :

8. Grès inférieur aux ardoises ; il forme des surfaces arrondies et moutonnées. Je donne à cette roche le numéro qu'elle porte dans la coupe précédente.

9. Grès situé au-dessous du n° 8, ayant l'apparence d'un micaschiste.

[1] *Voyages*, § 762.

10. Roche cristalline amphibolique, inférieure à la précédente et semblable à celle que l'on voit sous le grès arkose près de Mégève. Elle est peut-être semblable à celle indiquée par M. Élie de Beaumont dans les grès anthracifères de la montagne du Chardonnet[1] ?

11. Grès n° 8 qui recommence au delà de cette roche et la recouvre.

12. Couche mince et peu étendue de calcaire bleu compacte, après laquelle on retrouve le grès n° 8 qui lui est inférieur.

13. Plus loin reparaît le calcaire bleuâtre, contenant beaucoup de cailloux roulés et de grains de quartz. J'y ai trouvé une bélemnite. Il est associé à quelques couches de grès.

Enfin, on arrive à un ravin creusé dans du calcaire et des ardoises jurassiques peu avant la Croix du Bon-Homme située au sommet du passage, au point où le chemin du col des Fours se sépare de celui des Chapius. Elle est à 2482 mètres au-dessus du niveau de la mer, d'après une de mes observations barométriques qui s'accorde exactement avec celle de M. Studer.

De la Croix du Bon-Homme, la vue s'étend sur le revers méridional de la chaîne centrale; une des montagnes, qui attire particulièrement l'attention, est située au-dessus de l'ouverture de la vallée étroite et profonde qui s'étend des Chapius au bourg St-Maurice. On la désigne souvent, à tort, sous le nom de mont Iseran : c'est la Roche Pourrie qui s'élève sur la rive gauche de l'Isère, près du bourg St-Maurice.

Peu après la Croix du Bon-Homme, on a devant soi la

[1] *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XV, 366.

grande descente gazonnée et peu intéressante, au bas de laquelle est le hameau des Chapius. De Saussure[1] a signalé près du sentier qui la parcourt, la présence de grès divisés en fragments rectangulaires par le clivage. Les couches de calcaire jurassique et de grès plongent au S.-E. environ; mais ces derniers deviennent de plus en plus rares en s'élevant dans la série des terrains, et les calcaires plus prédominants. Les schistes calcaires et les ardoises avec veines de quartz ont une grande puissance et sont associés à des calcaires brèches, fréquents dans les montagnes de la Tarentaise et du Chablais. Ces roches, et les schistes argilo-calcaires, constituent des masses énormes sur le revers méridional du Bon-Homme, et s'étendent au S.-O. du côté de Roselen, des rochers du Vent et de la montagne de la Giettaz.

Dans cette dernière région se trouve un col qui porte le nom de Bouche de la Sauce sur la carte du Dr Payen. J'ai voulu le passer et je m'y suis égaré; j'ai cheminé sur les bords du cirque de la Sauce, d'où montaient des brouillards qui semblaient sortir d'une vaste marmite. Après diverses escalades et avoir pendant longtemps marqué le chemin au moyen de pierres blanches, comme le faisait le petit Poucet, je suis arrivé sur la route du Bon-Homme sans avoir vu un seul fossile de toute la journée.

§ 563. — Si de la Croix du Bon-Homme on veut passer le col des Fours, chemin le plus court pour se rendre au col de la Seigne, on continuera à monter, en allant à peu près au N. et en cheminant à une petite distance de la limite des schistes argilo-calcaires et des grès, qu'on laisse à gauche. On marche de cette manière pendant toute la mon-

[1] *Voyages*, § 765.

tée et une partie de la descente, jusqu'au point où l'affleurement du grès se dirige du côté de l'Aiguille de Bellaval. Cette position du sentier peut fournir quelques points de repère, lorsque le passage se fait dans le brouillard. Les grès sont inférieurs aux schistes argilo-calcaires jurassiques, qui constituent le massif compris entre la descente du Bon-Homme aux Chapius et celle des Fours au Mottet.

Pour abréger autant que possible la distance du Bon-Homme au col de la Seigne, lorsqu'on passe ces deux cols en un jour, il faut escalader les rochers à gauche de la traversée du Bon-Homme, dix minutes après le sommet du Tovasset. On arrive ainsi très-promptement au col des Fours ; de là on suit le chemin ordinaire pendant quelque temps, puis on traverse en biais les grands pâturages de Bellaval, en évitant le Mottet, ou plutôt le hameau du Glacier, et en gagnant directement le col de la Seigne.

Il est fort difficile, comme l'a dit de Saussure, de distinguer les *grès remarquables*, situés entre le col du Bon-Homme et celui des Fours, des roches cristallines. Ils ne ressemblent ni au grès houiller, ni au poudingue de Valorsine; ils ont plus de rapport avec les grès arkoses du trias, et c'est pour cela que je leur ai donné sur ma carte la couleur qui se rapporte à ce terrain. Mais ces grès alternent avec des calcaires semblables à ceux qui les recouvrent, lesquels renferment des bélemnites. Ordinairement, les schistes calcaires jurassiques sont séparés des grès arkoses par la cargneule ou par le schiste argilo-ferrugineux ; mais ici ces deux roches manquent. Malgré toutes ces causes de doute et d'incertitude, il m'avait semblé, comme à M. Fournet, que ces grès appartenaient au terrain triasique, tandis que M. de Mortillet les a rangés dans le terrain anthracifère. Nous allons voir qu'ils sont d'un autre âge.

La Tête des Fours (2755 mètres), située à demi-heure au N. du col, est formée d'ardoises ou de schistes argileux (*a*, Pl. XIX, fig. 6) traversés par beaucoup de filons de quartz blanc. Ils reposent sur les grès quartzeux (*g*) dont nous venons de parler, associés à des calcaires contenant des cailloux roulés, qui alternent avec des *calcaires brèches*, rougeâtres, à grains et à cailloux de quartz (*c*). Cet ensemble repose sur des *roches cristallines* (*s*), et va plonger sous les calcaires (*c'*) qui constituent la petite sommité limitant le col des Fours du côté du S. Cette couche calcaire plonge sous des schistes argileux (*a'*) formant une arête qui descend du même côté. Dans les débris qui viennent des couches *a*, *c'* et *a'*, on trouve des traces de bélemnites et d'ammonites, mais je ne sais à quelle assise elles appartiennent.

En résumé, on voit dans cette coupe : *a'* = ardoise ; *c'* = calcaire; *a* = ardoise; *g* = grès quartzeux et calcaire à cailloux roulés, indiqué deux fois dans ce dessin pour marquer l'alternance des grès et des calcaires ; *c* = calcaire plus ou moins bréchiforme, rougeâtre, à cailloux de quartz ; *s* = schistes cristallins de l'escarpement au-dessus du Mont-Jovet.

Cette coupe était dessinée et décrite lors de la réunion de la Société des Sciences naturelles à Zurich, en 1864, où M. Lory communiqua les observations qu'il avait faites avec M. Vallet [1]. Ces messieurs ont trouvé, dans les grès (*g*), des traces de fossiles semblables à des peignes et à des limes; et dans les calcaires qui, d'après eux, sont situés

[1] *Actes de la Soc. helvétique des Sc. nat.* et *Archives*, 1864, XXI, 155, MM. Lory et Vallet viennent de donner une coupe du col des Fours et une coupe du Bon-Homme au Petit St-Bernard, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, Pl. X.

au-dessous, et qui, je crois, alternent avec les grès, ils ont découvert des fossiles qui leur ont rappelé ceux de l'infra-lias. M. Lory donne à ce calcaire le nom de Lumachelle de l'infra-lias, en sorte qu'on doit modifier les diverses classifications qui avaient été proposées pour les *grès remarquables* de de Saussure, et les regarder comme appartenant à l'étage infra-liasique.

§ 564. — Le **massif triangulaire**, qui a pour limites le chemin du col des Fours aux Chapius, celui qui mène de ce col au Mottet et la vallée qui réunit ces deux hameaux, est d'autant plus curieux à examiner que les roches, qu'on appelle ordinairement, à tort, altérées et métamorphiques, et qui appartiennent probablement au trias, sont plus éloignées de la chaîne centrale que celles qui renferment des fossiles jurassiques. Au reste, il en est ainsi sur une bonne partie du pourtour du Mont-Blanc. La coupe ci-dessous, partant du col des Fours et s'étendant au S., fait suite à celle de la Pl. XIX, fig. 6, indiquée au paragraphe précédent. De Saussure a décrit la partie septentrionale de ce massif dans ses *Voyages*. M. J. Forbes s'en est également occupé. Au-dessus des couches jurassiques *a*, *c'* et *a'* contenant des bélemnites et des ammonites, et formant les grandes pentes entre les Fours et le Mottet, les couches se succèdent dans l'ordre suivant en commençant par les plus inférieures :

1. Grès schisteux grossiers.
2. Calcaire bleu prenant un aspect bréchiforme et ardoisier dans sa partie supérieure.
3. Calcaire blanc.
4. Ardoise noire située dans un col entre deux aiguilles. De ce col on jouit d'une belle vue sur le Mont-Blanc et sur l'Aiguille du Glacier.

5. Cargneule (encore dans le col), prolongement de celle du Mottet et du col de la Seigne reposant sur l'ardoise précédente.

6. Schiste très-talqueux.

7. Calcaire saccaroïde.

8. Grès de couleur grise ayant l'apparence de schistes talqueux. On les prendrait volontiers pour des schistes cristallins; ils renferment cependant des grains de quartz rose et quelques couches de grès noir. Ils sont bien stratifiés et forment une aiguille qui, si je ne me trompe, est regardée par M. Forbes comme composée de roches primitives. Les débris tombés de cette aiguille ont formé une moraine sur le bord oriental d'un petit lac.

9. Calcaire saccaroïde blanc, voisin des Chapius.

Toutes ces couches se relèvent au N.-O. Il est évident que l'ordre n'en est pas normal; on peut, je crois, classer dans le trias celle qui porte le nº 5 ainsi que les suivantes. Elles devraient être recouvertes par les roches jurassiques; mais un renversement ou une faille les a placées dans la position inverse de celle qu'elles devraient occuper relativement aux roches à bélemnites du massif des Fours, et elles paraissent être à leur place par rapport aux montagnes situées plus au Sud.

En franchissant le col des Fours, on devra monter sur la *Tête* de ce nom, sommité arrondie, formée de débris d'ardoises, et l'on jouira d'une des plus belles vues des Alpes. Elle s'étend, en effet, sur la chaîne du Mont-Blanc, dans laquelle on distingue nettement la vallée longitudinale du glacier de Trelagrand; puis on voit le Mont-Rose, le mont Cervin, les innombrables montagnes du val d'Aoste et celles qui sont à la limite de la Savoie et du Dauphiné. En 1851, je me trouvai sur cette cime au coucher du soleil. Du côté

de l'O., toutes les parties basses du pays étaient occupées par une mer de nuages au-dessus de laquelle s'élevaient des sommets qui me présentaient leurs pentes non éclairées; à l'E. et au S., au contraire, l'atmosphère était d'une pureté parfaite, et tandis que les vallées étaient déjà plongées dans l'obscurité, je voyais resplendir les cimes que les derniers rayons du soleil doraient de cette teinte si chaude des beaux jours d'été. Quoique un peu blasé sur la vue des montagnes de cette région, ce ne fut pas sans émotion que je contemplai celle-ci. Mais cette jouissance si pure et si douce ne tarda pas à être troublée par la difficulté de la descente du col des Fours au Mottet, faite de nuit. et par l'arrivée dans la petite auberge où je dus me loger dans une chambre dans laquelle ronflaient déjà cinq maçons.

Dans l'étroite vallée comprise entre les Chapius et le Mottet, on voit une partie des roches dont je viens de parler, qui forment le massif du col des Fours; leur direction est, en général, du N. 30° E. au S. 30° O.; mais elle est du N. 60° E. au S. 60° O. dans certaines couches qui ne sont probablement pas en place. Sur la rive droite du vallon et à mi-chemin des Chapius au Mottet, se montre un grès talqueux verdâtre, semblable à l'arkose du terrain triasique: il est recouvert par une énorme épaisseur de couches d'un calcaire plus ou moins cristallin, micacé, bréchiforme, d'un gris noir, qui forme en entier les hautes montagnes de la Chagne, sur la rive gauche du torrent. Jusqu'à présent nous n'avons point rencontré de roches semblables dans le pays que j'ai décrit; elles ont un grand développement sur le revers méridional du Mont-Blanc, et paraissent être un facies particulier du terrain triasique. Elles s'étendent de la vallée de l'Isère à celle du Rhône, et nous retrouvons près

du Mottet les roches des environs de Moutiers, les schistes rubanés du détroit de la Madelaine, les arkoses de Hautecour, le calcaire blanc des environs de St-Marcel, etc. Dans le versant N.-O. de ces montagnes, il y a quelques petits dépôts d'anthracite.

§ 565. — En 1861, je voulus aller voir de près l'**Aiguille de Bellaval** et le col de l'Enclave du Mont-Jovet. A cet effet, je partis de Nant-Borant et je gravis le col du Bon-Homme et la Tête des Fours : de là je suivis autant qu'il me fut possible l'arête qui s'étend dans la direction du Mont-Blanc, en passant près du col des Teufs, d'une aiguille sans nom, du col de la Borne et de l'aiguille de ce nom, qui est très-probablement l'Aiguille de Bellaval de de Saussure. Au delà de l'Enclave du Mont-Jovet se trouve la véritable Aiguille de Bellaval, un col fort dangereux, l'Aiguille de Rulliet et le glacier des Glaciers. Dans une des arêtes de l'Aiguille de la Borne, on voit, comme au col des Fours, des calcaires, des grès et des schistes argileux qui alternent ensemble. Ces alternances sont moins nombreuses sur le revers S. de l'**Aiguille de Bellaval,** et l'ordre de succession y paraît plus clair. L'aiguille même est formée de *schistes cristallins* (*s*, Pl. XIX, fig. 1), sur lesquels s'appuient des *grès rougeâtres* (*g*) recouverts de *calcaires gris dolomitiques*, voisins de la *cargneule* (*c*) et surmontés d'*ardoises noires* (*a*) qui sont le prolongement des ardoises à bélemnites du col des Fours. C'est probablement dans ces roches que de Charpentier a ramassé les bélemnites qui avaient attiré l'attention de L. de Buch ; car ce dernier nous dit : « M. de Charpentier possède des bélemnites trou- « vées dans un calcaire grenu entre l'Enclave du Mont-Jo- « vet et le chalet des Lanchettes[1]. » M. de Humboldt, en

[1] *Annales de chimie*, 1823, XXIII, 262.

s'occupant de l'action du métamorphisme dans les Alpes[1], les compare aux bélemnites des Nuffenen. Ces grès et ces calcaires dolomitiques appartiennent au terrain triasique ou à l'infra-lias, tandis que les ardoises sont jurassiques.

Pour atteindre le sommet de l'**Enclave du Mont-Jovet,** on chemine, en ayant à sa droite l'Aiguille de Bellaval, sur un plateau de gneiss, accidenté, à demi couvert de neige; les roches y sont entièrement moutonnées et semblent avoir été abandonnées depuis peu de temps par les glaciers. La descente du col jusqu'au lac du Mont-Jovet, se fait sur un éboulement de grosses et de petites pierres, assez rapide pour qu'en cheminant on entraîne autour de soi des masses considérables de décombres. Cette descente cause une grande lassitude, et l'ascension de ce passage exécutée sur l'éboulement est une entreprise des plus fatigantes. Au bas de l'éboulement est le plateau du Mont-Jovet, espèce de grande combe en forme de cirque, située au pied de l'Aiguille de Bellaval et voisine du chemin de Nant-Borant au Bon-Homme. Les deux ou trois lacs qui s'y trouvent sont intéressants à visiter; d'anciennes moraines de glaciers se voient sur leurs rives et même dans leurs eaux (*m*, Pl. XX, fig. 4).

L'extrémité supérieure de la combe est occupée par une large bande de *cargneule* (*ca*) dans le gneiss ou *schiste talqueux* (*s*). Cette roche est probablement le prolongement de celle des Granges de La Jat (§ 557). Près du fond de la combe est un endroit nommé en patois « la Gria, » ce qui veut dire « gypse. » Il est probable que la roche triasique de ce nom s'y rencontre associée à la cargneule. Du côté des lacs du Mont-Jovet, l'Aiguille de Bellaval présente une sorte de structure en éventail représentée dans le dessin.

[1] *Cosmos*, I, 299, 541 et note 72.

§ 566. — Je reviens maintenant au revers méridional de la chaîne du Mont-Blanc. En descendant du col des Fours, on arrive au hameau du Glacier que, par dérision sans doute, on a nommé la ville des Mottets. De là on suit un chemin aisé qui conduit au col de la Seigne, et qui traverse quelques ravins où se montrent de grandes masses de cargneule et de petits gîtes d'anthracite. Lorsqu'on arrive au sommet du passage, on doit s'y arrêter longtemps pour admirer une vue qui n'est peut-être pas sans égale, mais qui est une des plus belles des Alpes.

En faisant la coupe du col de la Seigne du S. au N. et commençant par les roches les plus éloignées du Mont-Blanc, on trouve la succession suivante (Pl. XIX, fig. 5) dans des couches qui, pour la plupart, font partie d'un seul et même terrain.

1. Calcaire micacé talqueux, espèce de cipolin grossier, traversé de nombreuses veines de quartz blanc. Il forme les montagnes au S. du Mottet, et une grande partie de celles qui supportent le beau glacier de la Seigne.

2. Calcaire brèche, cipolin, micacé ou talqueux, renfermant beaucoup de fragments plus ou moins anguleux ou arrondis de même nature. De Saussure a décrit cette roche avec soin [1]. On y trouve de beaux cristaux de chaux carbonatée. Cette couche fait saillie au tiers inférieur de l'escarpement qui domine le Mottet. Elle passe un peu au S. du milieu du col de la Seigne, se dirige au pied des Aiguilles de l'Allée-Blanche, en traversant la descente qui sépare le plateau de l'Allée-Blanche de celui du lac Combal, et finit par disparaître sous le lac. Cette couche est le prolonge-

[1] *Voyages*, § 841, 848, 850. Brochant de Villiers croyait que la brèche du col de la Seigne se rapporte à la brèche de Villette, *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 337.

ment de celle qui forme de hautes montagnes près du Grand Cormet, entre Beaufort et Aime, et qu'on reconnaît entre Moutiers et Aigueblanche. J'y ai cherché, mais en vain, des fossiles avec beaucoup d'attention, ainsi que dans celles qui en sont voisines, cependant elles n'en paraissent pas complétement dépourvues; car M. Studer dit qu'on y a recueilli des bélemnites[1].

3. Ardoises noires, situées dans le même escarpement au-dessous du calcaire précédent. On y a reconnu de l'anthracite (dans les ravins entre le Mottet et le col de la Seigne). Cette masse ardoisière et anthraciteuse est au-dessus de la cargneule. Elle s'étend jusqu'aux Chapius et n'a, je crois, aucun rapport avec le terrain houiller qui pendant si longtemps a été exceptionnellement classé dans les Alpes, sous le nom de terrain anthracifère. Dans presque toutes les formations on trouve des dépôts de combustible, et cette anthracite me semble appartenir à l'époque triasique, comme celle des environs de St-Gervais et celle de la Dranse.

4. Cipolin feuilleté, au milieu du col.

5. Schistes talqueux avec grains de quartz. Il devient rougeâtre par l'action de l'atmosphère, et il alterne plusieurs fois avec la couche suivante.

6. Ardoises.

7. Cargneule que l'on voit affleurer en différents endroits durant l'ascension du col, et qui s'étend jusqu'aux Chapius.

8. Grand espace couvert de fragments de quartz blanc. Ils proviennent de veines situées dans des ardoises noires talqueuses très-décomposées, et que l'on voit peu.

9. Dolomie grise, contournée et formant de grandes plaques blanches. En se rapprochant de l'aiguille qui s'élève au

[1] *Neues Jahrbuch*, 1850, p. 832.

N. du col, on voit encore que cette formation contient un banc de calcaire dolomitique plus épais que les autres; mais je n'ai pu l'aborder, l'arête sur laquelle on marche devenant trop étroite; je me suis arrêté au point marqué (*a*) sur le dessin. En descendant entre le col de la Seigne et les Aiguilles de l'Allée-Blanche, je me suis assuré qu'au-dessous de ce terrain dolomitique l'on trouve :

10. Grès, en couches presque verticales, semblable à celui du Bon-Homme et à celui des Fours.

11. Schistes cristallins, micaschiste ou gneiss à mica noir.

Toutes ces couches se relèvent au N.-O. contre la chaîne du Mont-Blanc.

En résumé, on voit dans cette coupe des roches cristallines et des grès n° 10 qui paraissent être le prolongement de ceux de la sommité des Fours, classés par MM. Lory et Vallet dans l'étage infra-liasique. N'est-il pas intéressant de les voir se prolonger sur le revers méridional du Mont-Blanc? Certains schistes argileux de cette coupe semblent être jurassiques, et les cargneules, ainsi que le calcaire cipolin de la partie méridionale sont probablement triasiques.

§ 567. — Pour aller du col de la Seigne à Courmayeur, on descend dans la vallée qui longe le revers méridional du Mont-Blanc, et que tout le monde, y compris de Saussure, nomme l'**Allée-Blanche.** Mais ce nom est une fausse interprétation d'un mot patois. Dans ce langage, on nomme *Lauze*[1], *Lui*, *Lai* ou *Lée*, des surfaces de rochers plus ou moins planes, d'une couleur grise ou blanche, et qui *luisent* au soleil. On trouve près d'Orsières en Valais, sur les flancs du Mont-Catogne, une superbe *Lui blantze*, et le hameau situé au pied de cette paroi de rochers est nommé *Sous la*

[1] *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, 1851, IX, 64.

lée. Les pâturages du revers N. du col Ferret, au pied des grands rochers blanchâtres de la montagne de la Mayaz, sont nommés *Sous la lée.* Un peu plus bas dans le val Ferret, les parois de rochers voisines de la mine de fer s'appellent *la Lée.* Enfin, en montant au Grand Saint-Bernard du côté du Valais, on connaît encore *la grande Luis* à l'E. de l'Hôpital, et nous avons déjà parlé d'une *Lui* qui se trouve près de Champéry (§ 446). Les aiguilles situées au pied du col de la Seigne portent le nom de *Lui* ou de *Lée*, à aussi juste titre que les rochers dont je viens de parler : elles sont d'un calcaire blanchâtre qui luit au soleil. On leur a donné le nom de *Lui blanche*, de *Lai blanche* et finalement d'*Allée blanche.* Telle est la véritable origine de ce nom singulier. Robilant, savant piémontais dont j'aurai l'occasion de parler, écrit « le col de l'*Alex blanche*[1]. » Dans la statistique générale de la France, an XIII, département du Mont-Blanc, on écrit la *Laix-Blanche.* Mais, suivant l'usage, nous la nommerons l'Allée-Blanche.

La vue dont on jouit du **col de la Seigne** et de l'Allée-Blanche est célèbre. « Nulle part peut-être sur le globe, « disait Dolomieu qui avait tant voyagé, on ne rencontre « plus de contrastes étonnants, on ne jouit d'un plus grand « et plus beau spectacle, et on ne voit plus d'immenses « escarpements. Ici, ils ont plus de trois mille mètres de « hauteur, et ils sont à peu près perpendiculaires[2]. »

Le plateau supérieur de l'Allée-Blanche est un ancien lac desséché ou la moraine profonde d'un glacier. Il est terminé à son extrémité inférieure par l'ancienne moraine latérale du glacier de l'Estelette ou du glacier de l'Allée-Blanche, qui traverse toute la vallée. On voit des accumu-

[1] *Mém. de l'Acad. de Turin*, 1784-85, I, 225.
[2] *Journ. des Mines*, an VI, t. VII, 390.

lations de blocs ayant la même origine au pied des Aiguilles de l'Allée-Blanche et sur la rive droite du torrent, au-dessous du lac Combal (§ 153).

Ces aiguilles ou pyramides, qui sont **La lée blanche** même, méritent d'être examinées. De Luc nous dit que la première est formée d'une brèche très-extraordinaire, contenant du quartz[1]. C'est évidemment la couche nº 2 du col de la Seigne (Pl. XIX, fig. 5) qui passe, comme je l'ai dit, à la base de cette pyramide. L'aiguille même est formée d'un calcaire saccaroïde qui paraît être de la dolomie; il alterne avec des calcaires jaunâtres à l'extérieur et bleus à l'intérieur. Je crois les formations comprimées dans cette petite chaîne, à la base de laquelle on voit des ardoises renversées, plongeant sous elle, c'est-à-dire au N.-O.

A tout prendre, la coupe de ces pyramides est la même que celle du col de la Seigne : elles sont composées des couches comprises entre le calcaire brèche nº 2, qui est à leur base, et le grès qui s'appuie sur les schistes cristallins; mais ce grès ne se voit pas et forme probablement, entre ces aiguilles et la chaîne du Mont-Blanc, un col sur lequel il y a tant de débris apportés par les glaciers et les avalanches, qu'on ne peut apercevoir les roches en place.

Le glacier de l'**Allée-Blanche**, formé de plusieurs autres glaciers, descend à côté des aiguilles dont je viens de parler. En 1859, il avait avancé d'une manière remarquable, en poussant devant lui sa moraine, qui s'appuyait contre une moraine plus ancienne couverte de gazon. L'eau arrivant de la partie supérieure de la vallée était forcée de s'ouvrir un passage sous la glace même. On a trouvé dans ces moraines une roche composée de quartz,

[1] Deluc, *Lettres phys. et morales*, V, 411. M. Lory vient d'en donner une coupe, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, Pl. X.

de feldspath et de grenats roses cristallisés (Musée de Genève). Ce glacier, qui ne charrie pas de protogine, débouche dans la vallée en laissant sur sa rive gauche le Mont-Suc composé de schistes cristallins.

§ 568. — En continuant à marcher du côté de Courmayeur, on arrive sur les bords désolés du **lac Combal** dont les eaux s'appuient contre la moraine latérale droite du **glacier de Miage**, l'un des plus grands de la chaîne du Mont-Blanc. Ce glacier s'avance en dehors de cette chaîne entre le Mont-Suc et le Mont du Brouillard ou Mont-Broglia, formé de schistes cristallins; mais de loin j'ai cru reconnaître la protogine dans les régions élevées d'où il descend. La moraine du Miage s'élève, d'après M. Forbes, à près de 400 pieds anglais au-dessus du sol[1]. Les **minéraux** et les **roches** y sont très-variés, et ce n'est pas étonnant, puisque ce glacier, ou plutôt les trois grands glaciers qui se réunissent pour le former, s'étendent au loin dans la chaîne du Mont-Blanc. On y trouve: des feldspaths plus ou moins bien cristallisés, des quartz avec du fer oligiste, du sphène, du mica noir, des grenats, de la chaux fluatée incolore, de la stilbite, de la laumonite, de la mésotype[2], de l'amiantoïde, du molybdène sulfuré et de l'amphibole d'un vert clair. Les principales roches sont les suivantes : schistes cristallins très-variés; protogines schistoïdes; quartzites recouverts d'un enduit ferrugineux; quartzites avec chlorite; eurites; eurites avec épidote; amphibolites compactes ou veinées; roches voisines des syénites; amphibole formant quelquefois des rognons au-

[1] *Travels*, etc., p. 194. On trouve dans cet ouvrage une esquisse topographique représentant le lac Combal et le glacier de Miage. Élévation du lac au-dessus de la mer, 6302 pieds anglais.

[2] Pictet, *Itinéraire*, 1829, p. 257. Brard, *Minéralogie*, édit. de 1838, p. 248. Soret, *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, 1822, I, 479.

guleux dans une pâte composée d'un mélange de feldspath et d'amphibole ; calcaire saccaroïde et pierre ollaire[1] dont la présence indique, sur le revers méridional du Mont-Blanc, des gisements de ces deux roches probablement analogues à ceux du revers N. ; poudingue ressemblant à celui de Valorsine. Des schistes avec anthracite et des roches de cargneule, de brèche et d'ardoises noires venant des montagnes au S. de l'Allée-Blanche, se mélangent avec les précédentes. On ne trouve pas de vraie protogine sur la moraine latérale droite de ce grand glacier, tandis que cette roche est très-abondante sur la moraine latérale gauche. Cette distribution nous montre que la limite des schistes cristallins et des protogines passe dans le bassin du glacier de Miage.

De Saussure fit sur ce glacier une course qui lui laissa des souvenirs très-vifs[2]. Il trouva dans une petite plaine à la base du glacier de beaux blocs contenant de l'amphibole, sur lesquels il remarqua des aiguilles d'amiante libres et droites, soudées au rocher par leur base, et dont la partie supérieure était engagée dans un cristal de roche limpide. Il en conclut, avec raison, que le cristal de roche avait été formé après les *soyes d'amiante*.

§ 569. — Je dirai quelques mots des montagnes situées à **droite de la route** que l'on suit en allant à Courmayeur ; puis je reviendrai au glacier de Miage pour suivre la rive gauche de la vallée.

A peu près en face du milieu de la moraine du Miage on voit, sur la rive droite du torrent, une masse de gypse de plusieurs centaines de pieds de hauteur. Elle est associée à de la cargneule, dont une petite partie est colorée en rouge par de l'ochre. Cette masse est l'affleurement de la

[1] De Saussure, *Voyages*, § 901.
[2] *Voyages*, § 895.

couche qui passe au col de la Seigne. Elle s'étend dans les montagnes de la rive droite de l'Allée-Blanche, et s'élève à 400 ou 500 mètres au-dessus du fond de la vallée, à mesure que celle-ci s'abaisse. Cette localité s'appelle **Rivièg1e**; les paysans la nomment Arveille et les guides Arpe-vieille. Au-dessous de ces gypses, on voit une grande masse de schistes argileux noirs où l'on a trouvé de l'anthracite. Maintenant il est difficile d'examiner ces roches; peut-être que du temps de Brochant de Villiers elles étaient plus abordables. Ce savant s'en est occupé, et il distingue bien nettement la formation du gypse de celle des ardoises qui renferment de l'anthracite, en disant : « Le gypse repose sur les tranches « des couches d'un terrain à anthracite bien caractérisé... « Le gypse paraît donc avoisiner un terrain d'anthracite, « comme celui de la Tarentaise, et être également d'une « formation postérieure à ce terrain [1]. » Il est remarquable que de Saussure n'ait pas mentionné cette grande et belle masse de gypse.

Elle est surmontée par une argile dont M. Laugier a donné l'analyse [2] (il plaçait le lac Combal en Savoie !). Cette argile, dit-il, se trouve déposée sur un banc de gypse de transition. Elle est luisante, douce au toucher, rouge : on l'emploie avec succès dans la peinture à l'huile. Elle contient :

Silice.	0,440
Alumine	0,200
Oxyde de fer	0,190
Chaux	0,020
Magnésie	0,010
Oxyde de cuivre.	0,015
Oxyde de plomb.	0,030
Eau	0,075
	0,980

[1] *Ann. des Mines*, 1817, II, 284.
[2] *Ann. des Mines*, 1827, I, 268 ; *Bull. philomatiq.*, 1825, p. 166

Après avoir dépassé la moraine du Miage et le hameau de l'Avizaille, on arrive dans le **val Véni,** belle plaine parfaitement irriguée, où l'on est heureux de trouver l'ombre et la fraîcheur des bois après l'aridité des cols de la Seigne et des Fours. Le val Véni est parsemé de beaux blocs erratiques laissés par d'anciens glaciers; un peu au delà on arrive près du glacier de la Brenva qui est fort remarquable par sa grandeur, par sa position, par la stratification de la glace, etc.

Il ne faut pas négliger en cheminant de regarder attentivement le Mont-Fréty situé au-dessous du col du Géant; l'on y voit très-nettement les couches calcaires plonger contre la chaîne centrale et cette disposition s'observe dans trois ravins différents (*a*, *a*, *a*, Pl. XX, fig. 2). Dans ce dessin, le pavillon du Mont-Fréty est désigné par (*b*), la moraine du côté de la Brenva par (*c*) et le torrent de l'Allée-Blanche par (*t*).

Lorsqu'on approche de la chaîne du **Mont-Chétif,** à droite de la route on voit les couches d'ardoises talqueuses plonger sous les roches granitiques; cette disposition est également fort remarquable plus bas dans la vallée, au delà de la chapelle de Bon-Secours. Près de cette chapelle, les ardoises noires avec pyrites ont été polies et striées par le glacier de la Brenva qui a traversé la vallée.

L'arrivée à Courmayeur est très-pittoresque. De ce village situé dans la partie supérieure d'une longue et charmante vallée qui s'étend jusqu'aux plaines du Piémont, on voit le col du Géant dans l'intervalle qui sépare le Mont-Chétif de la montagne de la Saxe.

§ 570. — Je n'ai fait qu'une course à la base de la chaîne du Mont-Blanc, du côté du val Véni, en sorte que j'emprunterai à d'autres quelques renseignements sur cette

région. De Saussure est celui qui l'a le mieux décrite. D'après lui, le Mont du **Brouillard** ou **Broglia**, situé sur la rive gauche du Miage, appartient à la formation des schistes cristallins : il est composé de roches feuilletées de quartz et de mica, en couches dirigées du N.-E. au S.-O., souvent verticales et surplombant en quelques endroits du côté de la vallée. Elles sont parfois plissées et traversées par des filons de quartz, dont les uns sont parallèles et les autres obliques aux divisions de la roche. On y trouve des roches amphiboliques [1]. M. Fournet les a remarquées [2]. D'après la collection de M. Jurine, conservée au Musée de Genève, il y aurait aussi quelques roches granitoïdes à mica noir. Nous retrouvons ici, comme à Chamonix, au col du Bon-Homme et à la base des Aiguilles de l'Allée-Blanche, des couches plongeant contre l'intérieur de la montagne. Le **glacier de Broglia** apporte beaucoup de protogine ; celui du **Fresnay**, dont il est séparé par la montagne du Châtelet, qui n'est pas indiquée par de Saussure, amène de beaux granits bien caractérisés [3].

La belle pyramide nommée le **Mont-Rouge** est située sur la rive gauche du glacier de Fresnay. A une grande élévation au-dessus de la vallée et par conséquent très-loin de l'observateur, se trouve, dans cette montagne, une cavité de laquelle il s'est détaché des blocs qui ont roulé dans la vallée, d'après de Saussure. Ce savant croit que les couches ou les feuillets qui entourent cette cavité s'appuient contre la chaîne du Mont-Blanc. Je n'ai pas su distinguer cette disposition. Cette montagne renferme un grand filon de pyrite dont l'exploitation est abandonnée depuis longtemps.

[1] *Voyages*, § 891.
[2] *Ann. de Lyon*, 1841, IV, 164.
[3] *Voyages*, § 848.

Le Mont-Rouge n'est séparé du **Mont-Péteret** ou **Peuteret** que par une combe ou gorge, qui s'arrête à une grande élévation. Le Mont-Péteret est un immense feuillet pyramidal qui atteint la hauteur de 4108 mètres. La forme en est si belle et si hardie que, parmi les aiguilles qui entourent le Mont-Blanc, il n'en est pas de plus frappante. La base du Mont-Rouge et celle du Mont-Péteret, que j'ai examinées, ne m'ont présenté que de la protogine à petit grain fort bien caractérisée. On prétend que ces deux montagnes et les Jorasses sont au nombre des rares endroits où vivent encore des bouquetins. Le Mont-Péteret est situé sur la rive droite du glacier de la Brenva, l'un des plus abordables du revers méridional de la chaîne du Mont-Blanc.

Après avoir observé les aiguilles qui s'élèvent sur la rive gauche de l'Allée-Blanche et du val Véni, on conclut que celles qui sont situées entre le Mont du Brouillard et l'aiguille de Bellaval sont formées de schistes cristallins, sans protogine, mais que cette roche se retrouve en arrière du Mont du Brouillard, dans l'intérieur de la chaîne du Mont-Blanc, et au Mont-Rouge où elle atteint le bord de la vallée.

§ 571. — Dans une de mes courses (1851), j'ai traversé le **glacier de la Brenva** en allant du val Véni au Mont-Fréty, et j'ai remarqué une grande quantité de blocs de protogine formée de quartz hyalin ayant une teinte grise ou légèrement violette, de feldspath orthose très-blanc, d'un élément magnésien verdâtre qui se laisse rayer par l'acier et de *chlorite* ou de *mica* vert. Les éléments en sont bien distincts, et la roche prend la couleur de la rouille en s'altérant.

Il se trouve encore sur le glacier des fragments de quartz qui proviennent, sans doute, de filons, et qui sont fréquemment associés à de l'épidote ou à du molybdène sulfuré.

On prétend que, dans la partie de la plaine envahie par le glacier de la Brenva, il y avait autrefois un village nommé St-Jean de Purtu ou Pertus[1]; les prés environnants portent encore ce nom. On raconte également que, vers la fin du siècle dernier ou au commencement de celui-ci, un pont situé au-dessous de la chapelle de Bon-Secours, mais qui n'existe plus, conduisait de Courmayeur à des pâturages qui ont été recouverts par le glacier.

M. d'Aubuisson, en 1811, nous dit: « Il y a quelques années qu'il (le glacier de la Brenva) s'avançait vers le hameau (d'Entrèves) et menaçait de le détruire; mais il a pris une marche rétrograde, et il en est aujourd'hui à mille mètres environ[2]. »

Ces faits sont difficiles à accorder avec ce que M. le chanoine Carrel d'Aoste m'écrivait en 1852, savoir que: vers 1810 ou 1812, « le glacier de la Brenva était à 2000 mètres du village d'Entrèves, et qu'en 1818, époque de sa plus grande extension dans des temps modernes, il n'était qu'à 1000 mètres de ce village. »

Il paraîtrait encore qu'en 1818 l'extrémité du glacier de la Brenva était à 160 mètres plus loin qu'en 1842, et MM.

[1] Forbes, *Travels through the Alps of Savoy*, p. 207. Carte du capitaine Mieulet.

[2] *Journ. des Mines*, 1811, XXIX, 255. Cette donnée ne s'accorde pas avec le dessin qui a pour titre : *Plan en perspective des Monts Blanc et Maudit, avec l'étendue et la direction des glaciers. Vue au midi. Levé et dessiné par le citoyen Bourcet, an* VII *de la République* (1798), conservé à la Bibl. Impériale de Paris. *Topographie, États-Sardes*, t. 1950. On y voit que le glacier de la Brenva ne s'étend point aussi loin que maintenant; mais il est difficile de rien conclure de positif de semblables dessins, dont l'exactitude n'est pas certaine, d'autant plus que le glacier de la Brenva est représenté touchant d'un côté au Mont-Blanc et de l'autre à l'Aiguille du Géant, dont en réalité il est assez éloigné.

Forbes, Carrel et Guicharda[1] ont constaté que, de 1842 à 1846 seulement, il s'était avancé de 60 mètres environ.

VII. LE MONT-FRÉTY, LE COL DU GÉANT ET L'AIGUILLE DU MIDI.

§ 572. — Sur la rive gauche du glacier de la Brenva, dont nous venons de parler, la base de la chaîne du Mont-Blanc s'élargit, prend un aspect différent de celui qu'elle présente dans l'Allée-Blanche, et forme un contre-fort, que l'on nomme le Mont-Fréty; il s'étend de ce glacier jusqu'au village de Pra-Sec dans le val d'Entrèves. Il s'élève à 2179 mètres au-dessus du niveau de la mer; Entrèves, qui est au pied, est à 1285 mètres et le col du Géant, qui le domine, est à 3362 mètres.

Le flanc du Mont-Fréty est sillonné de plusieurs ravins: l'un d'eux, qui est facilement abordable, laisse voir la structure de la grande masse calcaire qui constitue cette montagne et forme, sans aucun doute, le fond de la vallée. En gravissant le bord du ravin, on voit: 1° Un *calcaire gris noirâtre* avec un enduit un peu talqueux, alternant avec des schistes plus ou moins argileux. Les couches en sont dirigées parallèlement à la chaîne du Mont-Blanc. Il ressemble à celui qui renferme des bélemnites à la Côte du Piget, vallée de Chamonix; mais ici les traces laissées par les bélemnites sont incertaines, et quelques rognons ferrugineux paraissent avoir été des ammonites, sans qu'on

[1] *Essai sur les terrains superficiels de la vallée du Pô, aux environs de Turin*, etc., par MM. Martins et Gastaldi, p. 10, et Forbes, *Twelft letter on glaciers. Edinburgh new. Ph. Journ.*, 1847, XLII, 94.

puisse rien voir de positif. 2° *Calcaires gris noirâtres*, compactes ou cristallins, plus ou moins effervescents, ce qui indique qu'ils sont plus ou moins magnésiens. 3° *Roche cristalline verdâtre*, qu'on pourrait nommer protogine imparfaite, associée à une roche quartzeuse très-voisine du grès. 4° *Gneiss gris brun* avec de très-petites paillettes brunes de mica ou de talc. 5° *Granit* à petits grains, bien caractérisé.

Il n'y a aucun doute possible sur la structure du Mont-Fréty; les couches plongent au N.-O. sous la chaîne du Mont-Blanc, de même que les calcaires situés sur le versant du côté de Chamonix plongent sous cette même chaîne. Les roches granitiques recouvrent les calcaires schisteux que leur apparence fait ranger dans le terrain jurassique. Cette structure se montre sur toute la longueur de la masse calcaire jusqu'au-dessous des Grandes Jorasses. Au sujet de l'inclinaison des couches, je me trouve en désaccord avec de Saussure, et, tout en le regrettant, je n'ai pas de raison pour ne pas dire ce que j'ai vu. Ce n'est point que j'aie une grande confiance en mes propres yeux, et je sais très-bien, comme je l'ai souvent entendu dire à un aimable et savant professeur, qu'il n'y a que ceux qui ne font rien qui ne se trompent pas.

De Saussure, en arrivant du col Ferret à Courmayeur, nous dit : « Je vis au bas de cette chaîne (celle du Mont-« Blanc) des couches semblables à des ardoises et appli-« quées contre des rocs de granit[1]; » et plus loin il ajoute « mais leur situation générale, de celles du moins qui sont « les plus basses, est verticale à quelques degrés près dont « elles s'appuient contre la montagne. » Je ne puis com-

[1] *Voyages*. § 872.

prendre cette description, et je trouve dans l'ouvrage même de de Saussure des observations qui confirment ma manière de voir. En effet, la vue si exacte que mon illustre compatriote donne de l'Aiguille du Géant, t. IV, Pl. III, montre nettement que cette aiguille surplombe du côté de la vallée. Il semble que de Saussure en convienne lorsqu'il dit : « En « avançant du côté du S.-O., je vis les schistes, de même « que les granits, surplomber du côté de la vallée, ici de « 35, là même de 47 degrés [1]. »

J'ai fait des observations qui sont d'accord sur bien des points avec celles que M. Forbes [2] a exposées en 1843, dans sa description des couches calcaires du Mont-Fréty. D'après lui, ces couches plongent au N.-O. ; elles sont légèrement courbées, en sorte que la même couche plonge dans le haut de 38°, et dans le bas de 50°. M. Forbes a encore donné une coupe transversale du Mont-Blanc, qui montre avec une grande évidence la structure en éventail de cette chaîne : le calcaire du Mont-Fréty y joue un rôle aussi important que celui de la vallée de Chamonix.

En 1854, M. D. Sharpe [3] a soutenu la thèse de de Saussure. Son mémoire a été énergiquement combattu par M. J. Forbes qui a maintenu et développé ses premières assertions [4]. J'ai également cherché à réfuter les idées de M. Sharpe [5].

[1] *Voyages*, § 873.

[2] *Travels*, p. 210, 212, 222, 246.

[3] On the structure of Mont-Blanc and its environs, *Quart. Journ. of the geol. Soc. of London*, 1854, XI, 11 ; traduit, *Archives*, 1855, XXVIII, 270. M. Renevier a résumé les idées de M. Sharpe, *Soc. vaud. d'hist. nat.*, 4 juillet 1855.

[4] On the geological relations of the secondary, etc., *Edinburgh new. Phil. Journ.*, avril 1856 ; Proceedings of the Roy. Soc. of Edinb., III, 348, trad., *Archives*, 1856, XXXI, 281.

[5] Dans l'Adresse anniversaire du général Portlock, 20 février 1857,

En 1859 je montai à la petite auberge située à quelques mètres au-dessous du sommet du **Mont-Fréty**, à 2179 mètres d'altitude. Le sentier qui y conduit est bon pour les mulets; la course est charmante à faire, l'emplacement de l'auberge est admirable, et la vue des grands glaciers et des aiguilles du voisinage est des plus remarquable. On pense au premier abord que le silence doit régner dans cette localité sauvage; mais le bruit des torrents et des cascades se fait entendre de tous les côtés.

En allant de Courmayeur au Mont-Fréty, l'on observe que les calcaires de cette montagne alternent avec des schistes plus ou moins argileux et que les couches plongent sous la chaîne du Mont-Blanc de 60° au N.-O. dans le haut et de 40° dans le bas. Dix minutes avant d'arriver à l'auberge, on passe sur la jonction des calcaires et des roches cristallines. Elle se fait de la manière suivante (Pl. XIX, fig. 3) : 1° *Calcaire noir bleuâtre* de la partie supérieure du Mont-Fréty, traversé par des surfaces de clivage polies et luisantes, comme si elles étaient talqueuses; j'ai cru y reconnaître un piquant d'oursin. 2° Couche mince d'*ardoises pourries*, au-dessus de la précédente. 3° *Calcaire cristallin, tenace, noir*, associé à un calcaire dolomitique gris clair, couleur de pierre lithographique. 4° *Roche cristalline*, protogine plus ou moins imparfaite, mais cependant reconnaissable. La roche vraiment granitique est à un quart d'heure environ au-dessus de l'auberge.

De Saussure avait aussi observé la transition des schistes ardoisiers au granit. Elle se compose, d'après lui, de quatre couches : 1° *schistes à feuillets* ondés ; 2° *schistes à feuillets plus ondés*, avec mica et quartz ; 3° *quartz* mêlé de

Quart. Journ. of the geol. Soc. of London, XIII, p. LVII et suiv., le nom du mont Fréty a été changé en Mt Frétz.

mica; 4° *granit à petit grain*, mieux caractérisé à quelques pieds dans l'intérieur. « Cette transition, dit de Saussure, « se présente quelquefois dans l'épaisseur d'un pied. »

La partie du Mont-Fréty où l'auberge est construite, est recouverte de pâturages parsemés de blocs erratiques ; c'est une vraie moraine d'autant plus remarquable que les glaciers en sont éloignés, et qu'il faut leur supposer un agrandissement fort considérable, pour qu'ils aient pu la former.

§ 573. — Lorsque j'allai au Jardin, en 1856, c'était pour chercher à découvrir la structure de la partie centrale de la chaîne du Mont-Blanc, sur laquelle M. Sharpe avait émis des idées que je ne partageais pas. Je reconnus que, dans cette course, il n'est pas possible de voir d'une manière positive et décisive la structure de cette chaîne. J'avais pensé à franchir le col du Géant, comme on le fait ordinairement, en allant du Montanvert à Courmayeur ; mais je craignis de marcher la plus grande partie de la journée sur la glace, sans pouvoir approcher suffisamment des roches. D'ailleurs on chemine longtemps dans le sens de la longueur de la chaîne, tandis que, pour le but que je me proposais, il me fallait une coupe transversale. Je résolus donc d'aller dans la région la plus haute du glacier du Tacul, visiter la base des rochers qui forment le massif le plus élevé du Mont-Blanc, massif composé du Mont-Blanc, du Mont-Maudit et du Mont-Blanc de Tacul. A cet effet, je couchai un soir au pavillon du Mont-Fréty, pour traverser le lendemain le col du Géant et aller au col de l'Aiguille du Midi, près du glacier des Bossons et des Grands Mulets, entre le Mont-Blanc de Tacul et l'Aiguille du Midi.

Je ne pus me mettre en marche que vers quatre heures

du matin, et je montai au col du Géant. Des environs du Mont-Fréty, on voit nettement la partie de la structure en éventail qui se trouve dans le revers méridional du Mont-Blanc: c'est dire que les couches plongent sous la montagne; celles du Mont-Jétoula, première arête à l'E. du sentier par lequel on monte au Géant, affectent très-nettement cette position. Il en est de même de celles du Mont-Péteret qui est stratifié jusqu'aux trois quarts de sa hauteur, et du Mont de la Brenva qui est divisé par couches jusque dans sa partie supérieure: le dernier feuillet de la cime plonge au N.-O. et se nomme la Tour Ronde. L'inclinaison générale des couches est d'environ 65° au N.-O.

L'ascension du col du Géant, qui se fait sur une arête entre le glacier de Toule et celui du Mont-Fréty, est roide et pénible, mais ne présente aucun danger, pas même à la descente, pourvu qu'on marche avec prudence et qu'on ait beau temps. Cependant trois personnes y ont péri en 1860. On met trois heures et demie à parcourir la distance du Mont-Fréty au col, et l'on chemine toujours sur des protogines en place ou éboulées, sur lesquelles il y avait une abondante poussière. A la cime de l'arête et près du sommet du col, on regarde avec respect les quelques traces de la cabane où de Saussure et son fils passèrent près de trois semaines, en 1788, avec un dévouement scientifique dont on trouve peu d'exemples [1]. On comprend l'attachement qu'ils avaient pour ce belvédère, où leur énergie unie à leur science leur permettait de mener une vie pleine d'intérêt; mais on comprend aussi la lassitude et l'ennui que devaient éprouver leurs guides qui ne pouvaient s'associer aux travaux de leurs illustres maîtres.

[1] *Voyages*, etc., et *Journal de physique*, 1788, XXXIII, 204, et 1789, XXXIV, 162.

L'élévation du col est, d'après de Saussure, de 1763 toises ou de 3428 mètres [1], de 3397 mètres d'après M. Forbes et de 3362 mètres d'après la carte du capitaine Mieulet. Il paraît qu'à l'époque où le savant genevois explorait les Alpes, ce col était peu connu. Lui-même, malgré ses nombreuses courses, semble en avoir longtemps ignoré l'existence, et ce fut, nous dit-il, M. Exchaquet qui le lui fit connaître. Ce col avait été cependant souvent franchi dans le dix-septième siècle. Sur la carte publiée par Cornélius Dankerts vers 1660 [2], on voit un chemin qui traverse le col du Géant. Il va de *Chamonys* à *Cormajeur* près *Cramoyen*, par le *Cormajeur* ou *Col Major.* Ce passage est également indiqué sur la carte des « *Montagnes des Alpes* » par Sanson, publiée en 1690 à Paris chez Jaillot [3]. Le nom de Mont-Malay ou Mallet était déjà connu en 1663 [4], et celui de *Col Major* fut changé par de Saussure en celui de col du Géant [5]. Dans le récit donné par Pierre Martel [6] du voyage de Pocoke et Wyndham, fait en 1741 aux *glacières de Chamouny* ou de *Chamoigny*, il est dit que les guides assurèrent aux voyageurs, que dans le temps de leurs pères, les *glacières* étaient plus petites que de leur temps, et qu'il y avait eu un passage au travers de cette vallée, par lequel on pouvait aller en six heures dans le val d'Aoste; mais que les glacières avaient tellement aug-

[1] *Voyages*, § 2037.
[2] Voir à la fin de cet ouvrage le catalogue des cartes, année 1660.
[3] *Id.*, années 1690, 1691, 1707 et 1707?
[4] *Id.*, année 1663.
[5] *Voyages*, § 2027.
[6] *An account of the glacieres or ice Alps in Savoy in two letters, one from an English gentleman to his friend at Geneva, the other from,* Peter Martel, etc., 1744.

menté que le passage avait été fermé, et que les glaces s'accroissaient toutes les années.

M. Berthoud van Berchem, dans un petit ouvrage imprimé en 1787 sous le nom d'*Excursions dans les mines du Haut-Faucigny*, p. 44, nous assure que le passage du col du Géant est abandonné (§ 506). Cependant un Anglais, M. Hill, l'avait franchi en 1786 ; M. Exchaquet le fit aussi en 1787. Enfin, Bourrit[1] le traversa le 28 août de cette même année : d'après lui, ce passage, abandonné depuis cinquante ans, au dire des gens de Chamonix, avait été retrouvé par deux guides nommés Tournier (l'Oiseau) et Cachat (le Géant). Mais cet abandon remontait plus haut, puisqu'en 1741 les habitants de la vallée avaient la même opinion, comme je viens de le dire.

§ 574. — La vue du col du Géant est extrêmement étendue ; on saisit d'un coup d'œil toutes les sommités si nombreuses des Alpes, du Mont-Rose au Mont Pelvoux ; le spectacle est magnifique. Je regrettai de n'avoir ni le temps, ni les cartes nécessaires pour reconnaître exactement les centaines de cimes que j'avais devant moi.

Des derniers rochers, on monte encore un peu sur le névé pour atteindre le **sommet du passage.** De là on voit l'énorme bassin qui alimente la Mer de Glace : c'est une grande vallée inclinée, concave et entourée d'aiguilles de tous côtés. A l'ouest et au nord s'élèvent les Flambeaux, le Mont-Brenva, le Mont-Blanc, le Mont-Maudit, le Mont-Blanc de Tacul, l'Aiguille du Midi et les autres aiguilles de Chamonix. A l'est se voient les Aiguilles Marbrées et l'Aiguille du Géant dont de Saussure a donné un excellent dessin, t. IV, Pl. III. L'inclinaison au S.-O. des couches ou feuillets

[1] *Journal de Genève* du 15 septembre 1787, p. 28, 29 et 34.

de protogine qui forment ces deux dernières montagnes se montre nettement; c'est un des éléments de la structure en éventail.

Le grand bassin que j'allai traverser en me dirigeant vers l'Aiguille du Midi est occupé par des névés. La glace ne se montre point à la surface; mais on l'aperçoit dans les crevasses qui sont assez nombreuses, et dont quelques-unes sont énormes. La stratification à peu près horizontale de la glace est admirablement marquée par des couches alternantes de glace bleue et de glace blanche. Nous cherchons à éviter ces crevasses, et pour nous garer de celles qui sont cachées sous la neige, mes deux guides et moi, nous nous attachons à une corde. Pour peu qu'on réfléchisse à cette espèce d'attelage, et qu'on l'ait pratiqué dans des endroits dangereux, on reconnaîtra qu'il n'est guère convenable, et qu'il faudrait toujours attacher quatre personnes ensemble et non pas trois. Nous faisons toute notre course, aller et retour, de cette manière, et nous restons ainsi pendant cinq heures environ solidaires les uns des autres. Heureusement, cette précaution nous est inutile, et, quoiqu'il arrive au moins deux fois à chacun de nous d'enfoncer l'une de ses jambes dans la neige et de la sentir dans le vide, nous nous tirons d'affaire sans accident.

Les dangers apparents de cette course ne sont pas grands; mais les dangers cachés sont très-réels lorsque la neige est assez épaisse pour masquer les crevasses de cette région. Nous passons entre le **Petit Rognon**, rocher isolé au milieu du vaste champ de neige que nous parcourons, et le Mont-Blanc de Tacul; puis nous arrivons au col qui sépare cette dernière montagne de l'Aiguille du Midi. Lorsque de Courmayeur on fait l'ascension du Mont-Blanc, on vient coucher dans une cabane qui a été con-

struite récemment dans les rochers de l'Aiguille du Midi, puis on gravit les pentes rapides du Mont-Blanc de Tacul et celles du Mont-Maudit, et l'on arrive au Mont-Blanc. Mais, jusqu'en 1863, les ascensions n'avaient réussi que deux fois.

D'après la carte du capitaine Mieulet, le col de l'Aiguille du Midi est à 3564 mètres au-dessus de la mer, soit à 200 mètres au-dessus du col du Géant. L'Aiguille du Midi est de 300 mètres environ plus élevé.

Au col nous dominons les Grands Mulets et nous sommes presque au niveau du Petit Plateau ; nous voyons le glacier des Bossons dans toute son étendue, mais il nous est impossible de l'atteindre ; nous apercevons une partie de la vallée de Chamonix, mais pas le village, et nous distinguons nettement la vallée de l'Arve dans presque toute sa longueur, ainsi que l'extrémité du lac de Genève.

La base de l'Aiguille du Midi, sur laquelle nous cherchons à nous mettre au sec, est formée de gros blocs entassés les uns sur les autres; leur nombre atteste la rapidité de la décomposition des montagnes. Il est évident que la désagrégation des roches est particulièrement active à la hauteur où en été la température s'abaisse toutes les nuits au-dessous de zéro et où elle s'élève souvent pendant le jour à plusieurs degrés au-dessus. Dans cette zone caractérisée par les oscillations du thermomètre autour de zéro, la décomposition sera bien plus rapide qu'à la base des montagnes où l'action de la congélation de l'eau n'est pas aussi fréquente. Cette désagrégation est également plus active dans cette zone, que sur des hauteurs telles que la cime du Mont-Blanc, où un manteau éternel de glace maintient la roche à une température constante et la préserve de toute action atmosphérique.

J'ai déjà fait remarquer ce genre de décomposition, soit au col du Géant, soit aux Aiguilles Rouges, au Brévent, à la Tapie et ailleurs. Cette action s'exerce d'une manière générale et a commencé aussitôt après le soulèvement des montagnes; il est donc impossible qu'elle n'ait pas diminué leur élévation. « Je n'exagérerai pas, » lisons-nous dans le récit du séjour de de Saussure au col du Géant[1], « quand je dirai que nous ne passions pas une heure (durant « près de trois semaines) sans voir ou sans entendre quel- « ques avalanches de rochers se précipiter avec le bruit du « tonnerre, soit des flancs du Mont-Blanc, soit de l'Aiguille « Marbrée, soit de l'arête même sur laquelle nous étions « établis. » Les avalanches ont, sans aucun doute, une grande puissance de transport, mais je ne puis m'empêcher de croire que de la descente continuelle et silencieuse des poussières et des pierres, agit à la longue d'une manière plus puissante que les avalanches, parce qu'elle a lieu presque sans interruption. Ces actions réunies doivent avoir notablement abaissé les montagnes, pendant la longue série de siècles qui s'est écoulée depuis leur formation.

Le retour au col du Géant fut assez pénible, j'allai cependant coucher à Courmayeur, en rapportant de cette journée une impression très-vive[2].

§ 575. — Dans ce genre de course, il n'est pas difficile de bien observer, mais il est mal aisé de prendre des notes et de dessiner: on est entravé par le froid aux pieds et aux

[1] *Voyages*, § 2048.

[2] Voici le temps que j'employai à cette course, je n'indique pas la longueur des moments de repos: du mont Fréty au col du Géant, 3 h. 1/2; de là au col de l'Aiguille du Midi, 2 h. 1/2; la distance est de 6 kilomètres sur la carte de M. Forbes et de 5 sur la carte du cap. Mieulet; retour de ce col à celui du Géant, 2 h. 1/4; de là au mont Fréty, 2 h. 1/4; de là à Courmayeur en marchant vite, 1 h. 1/2.

mains, par les coups de vent, par les chutes de grésil fréquentes à cette élévation [1], par la crainte d'être surpris par le brouillard, etc.; ce qui est aisé en plaine, devient souvent difficile dans les hauteurs. Malgré ces inconvénients, j'ai réussi à atteindre le but de ma course, en examinant la structure du massif supérieur de la chaîne du Mont-Blanc.

Tous les rochers, du **Mont-Fréty** à l'**Aiguille du Midi**, sont de protogine. C'est dans ce dernier endroit que j'ai le mieux étudié cette roche; on peut y distinguer trois variétés principales. 1° Une protogine dans laquelle les éléments constituants sont également disséminés les uns dans les autres, et qui renferme deux feldspaths et quelquefois du vrai mica, de l'épidote et de la chlorite écailleuse. 2° Une protogine plus schisteuse que la précédente. 3° Enfin, une protogine confusément cristallisée, à petit grain, très-schisteuse, et qui pourrait être regardée comme un schiste cristallin; ce qui montre qu'au milieu des roches les plus cristallines on en trouve d'autres qui sont schisteuses. On voit encore de la protogine à petit grain formant des filons, et la roche assez peu répandue que de Saussure désignait sous le nom de trapp [2]; c'est un gneiss à éléments très-fins. On a recueilli au col du Géant des cristaux de feldspath et du molybdène sulfuré.

De Saussure a cru voir du sommet du Mont-Blanc [3] que le sommet de l'Aiguille du Midi était formé de feuillets verticaux; mais je crois que c'est une illusion et que ces feuillets plongent tous au S.-E. Dans cette course, j'ai acquis la certitude que les feuillets des aiguilles qui appartiennent à la partie supérieure du revers méridional de la

[1] *Voyages*, § 2075.
[2] *Ibid.*, § 2043.
[3] *Ibid.*, § 1996.

chaîne, plongent au N.-O. d'environ 65 à 70°, c'est ce qui a lieu dans les Aiguilles Marbrées, à l'Aiguille du Géant, à la Tour Ronde ou partie supérieure du Mont-Brenva, au Mont-Péteret, etc. Je me suis également assuré que les couches ou feuillets des aiguilles situées à la partie supérieure du revers septentrional plongent au S.-E.: telle est la stratification de l'Aiguille du Midi, de la partie extérieure du Mont-Blanc de Tacul et même celle du Petit Rognon. Dans ce dernier on voit aussi, il est vrai, d'autres joints, mais ils sont éloignés les uns des autres et paraissent sans importance.

Au centre de la chaîne, entre les deux rangées des aiguilles, les feuillets gigantesques qui sont au-dessous du Mont-Blanc, du Mont-Maudit et de la partie intérieure du Mont-Blanc de Tacul sont verticaux. Il en est de même de ceux de l'Aiguille de La Noire, qui sont composés de schiste noir, dans lequel la chlorite écailleuse prédomine, et de protogine schisteuse, d'après de Saussure[1]. En suivant des yeux la stratification des roches comprises entre La Noire et l'Aiguille du Géant, on voit qu'elle passe peu à peu de la verticale à l'inclinaison que j'ai indiquée pour la position des feuillets de cette dernière aiguille.

Par conséquent, dans cette course qui m'a intéressé sous tous les rapports, j'ai pu non-seulement étudier les deux versants de la chaîne du Mont-Blanc, mais examiner aussi la partie centrale de la chaîne, et j'ai trouvé partout la structure en éventail bien développée. Je reviendrai plus loin sur ce sujet.

[1] *Voyages*, § 2042.

VIII. ENVIRONS DE COURMAYEUR, VAL D'ENTRÈVES, VAL FERRET ET MONT-CHEMIN.

§ 576. — Je décrirai maintenant les environs de Courmayeur, le val Ferret piémontais ou val d'Entrèves, le val Ferret suisse et le Mont-Chemin près de Martigny, de manière à terminer la description du tour du Mont-Blanc.

Le bourg de Courmayeur est un centre d'excursions remarquables et instructives; il est dominé par la montagne de la Saxe et le Mont-Chétif liés, par leur nature et leur proximité, à la chaîne du Mont-Blanc, quoiqu'ils en soient en dehors par leur position. Ces montagnes forment deux grands piliers autour desquels circulent les eaux qui viennent de l'Allée-Blanche et du val d'Entrèves. Toutes les deux offrent de beaux points de vue sur la chaîne du Mont-Blanc. Il est facile d'atteindre le sommet du **Mont-Chétif**, dont la vue est aussi belle que celle du Cramont; j'ajouterai aux détails que j'ai déjà donnés sur la composition de cette montagne (§ 569), qu'elle est formée dans sa partie supérieure de roches granitiques (*g*, Pl. XX, fig. 3) se rapprochant de la protogine, sans lui être tout à fait semblable : elles sont plus massives que schisteuses et s'appuient au N. et au N.-O. sur des ardoises satinées et des schistes argileux (*a*). Ces dernières roches plongent au S.-E. et s'enfoncent plus ou moins sous la masse cristalline. De Saussure[1] nomme cette disposition « une superposition monstrueuse des roches primitives sur les secondaires. »

Sur le versant S. du Mont-Chétif, dans les environs de

[1] *Voyages*, § 881. M. Lory a donné, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, pl. x, une coupe allant de la chaîne du Mont-Blanc à celle de Ruitor.

Pra Neyron, on voit des couches d'eurite s'appuyer sur des roches ressemblant à la protogine. Elles sont recouvertes à leur tour par des schistes talqueux et par diverses alternances de roches dolomitiques et de cargneules, dont je parlerai en décrivant le massif du Cramont (§ 677).

§ 577. — Les couches de la **montagne de la Saxe** ont attiré plus souvent l'attention des géologues que celles du Mont-Chétif, parce qu'elles sont plus facilement abordables. De Saussure d'abord, puis M. Forbes [1], M. Sharpe [2] et M. Studer [3] les ont étudiées ; ce sont pour la plupart des schistes cristallins, et l'on y voit la succession suivante (Pl. XXI, fig. 4) :

1. Eurite talqueuse, feldspathique, verdâtre, voisine de la protogine ; renfermant dans certaines parties des cristaux de quartz qui la rapprochent du porphyre quartzifère. Elle forme une grande masse au bord de la route du côté de Courmayeur et repose sur la roche suivante.

2. Eurite moins talqueuse.

3. Roche feldspathique avec talc ou mica.

4. Gneiss à grain fin.

5. Schiste quartzeux blanc, un peu talqueux, qui ressemble à la dolomie.

6. Calcaire noirâtre, micacé et schistes argileux avec efflorescences magnésiennes plongeant de 30 à 35° sous les couches précédentes et ressemblant aux roches qui se trouvent sur différents points du pourtour de la chaîne du Mont-Blanc. Les couches évidemment triasiques, situées ordinairement entre les roches cristallines et les calcaires, paraissent manquer sur le revers N.-O. du Mont-Chétif et

[1] *Travels, Topograph. Sketch*, n° III.
[2] Mém. cité et *Archives*, 1855, XXVIII, 289.
[3] *Geol. der Schweiz*, I, 173, 383.

de la montagne de la Saxe; mais les calcaires y sont, je crois, dolomitiques. Cette coupe est remarquable par la netteté de la superposition des roches cristallines aux roches de sédiment qui appartiennent, au moins en partie, au terrain jurassique; car elles sont le prolongement de celles situées dans le haut de la montagne de la Saxe, où M. Studer a trouvé une bélemnite pendant un voyage que nous faisions ensemble en 1846 (§ 678). Cette découverte a une certaine importance, en permettant de rapporter à l'époque jurassique les calcaires des environs, entre autres ceux du Mont-Chétif qui en sont le prolongement.

Nous avons donc constaté jusqu'ici que les couches très-variées de schistes argileux et de calcaires qu'on désigne quelquefois sous le nom de « couches calcaires, » plongent sous les roches cristallines des flancs du Mont-Blanc, du Mont-Chétif et de la montagne de la Saxe. Il est donc éminemment probable que les couches qui constituent le sous-sol du val Véni et celui du val d'Entrèves ont la forme d'auge ou de demi-anneau, et qu'on peut admettre comme vrai le dessin que M. Studer et moi avons donné de la coupe du Mont-Blanc[1] (Pl. XVIII, fig. 1, et Pl. XXII, fig. 4 et 5).

Cette **structure en forme d'auge** ne se trouve pas seulement au pied de la plus haute cime des Alpes, comme

[1] La chaîne des **Grandes Rousses** en Oisans est située au sud de la chaîne centrale, comme le Mont-Chétif et la montagne de la Saxe. Les Grandes Rousses ont la plus grande analogie avec ces deux montagnes; M. Dausse dit qu'elles sont formées de grands feuillets de gneiss, entre lesquels se montrent des roches granitoïdes massives, *Mém. Soc. géol. de Fr.*, 1835, II. Ces feuillets ont une inclinaison au S.-E. environ, d'après la coupe de la pl. IX, fig. 7, du mémoire de ce savant, rapportée sur la carte, ainsi que d'après la fig. 3, pl. I, de la *Description du Dauphiné* par M. Lory.

je l'ai déjà fait remarquer [1]; mais elle paraît exister sur une grande étendue le long de la chaîne centrale. Nous venons de la reconnaître au val Véni, M. Pillet de Chambéry a réussi à la constater dans le vallon des Villards près de la Chambre en Maurienne [2], entre la butte granitique isolée de St-Jean de Maurienne et le revers méridional du prolongement de la chaîne du Mont-Blanc. Cette même disposition se retrouve, selon M. Lory [3], près du village d'Oz, non loin du bourg d'Oisans. Ce même savant a rapproché la structure de la vallée de la Ferrière située plus au N., de celle de la vallée de Chamonix sur le revers N. de la chaîne du Mont-Blanc, et nous savons que les couches sur lesquelles repose la vallée de Chamonix sont en forme d'auge. Par conséquent cette disposition de couches, qui pourrait être appelée *structure en éventail renversé* [4], ne me semble plus être un fait local limité à la base du Mont-Blanc, puisqu'on la trouve au moins dans trois endroits différents sur le revers méridional de la grande chaîne des Alpes (val Véni, vallée des Villards et val d'Oz) et dans deux endroits sur le revers N. (Chamonix et la Ferrière). Il devient donc très-probable que la structure en *éventail renversé* est solidaire de la *structure en éventail* qui a été expliquée d'une manière ingénieuse par M. Lory. Ces deux structures sont une conséquence l'une de l'autre, et se sont formées ensemble. La même force qui a fait surgir les montagnes, en donnant à leurs roches la structure en éventail,

[1] Note sur le terrain houiller et sur le terrain nummulitique de la Maurienne, *Archives*, 1861, X, 18.

[2] Études géologiques sur les Alpes de la Maurienne, *Mém. de l'Acad. impériale de Savoie.*

[3] *Description géologique du Dauphiné*, 1860.

[4] Expression employée par M. Boucheporn, *Théorie de la terre*, p. 75.

a formé des dépressions dont les flancs présentent la structure en éventail renversé.

§ 578. — Je reviens à la chaîne du Mont-Blanc, et j'en continue la description en suivant la route qui parcourt la **vallée d'Entrèves** et la vallée de Ferret jusqu'à Orsières en Valais.

Sur la rive droite de la première les couches calcaires du Mont-Fréty, plongent sous la chaîne du Mont-Blanc, et s'abaissent au N.-E., à mesure que la vallée s'élève. Elles finissent par disparaître près du village de Pra-Sec, comme l'a fait remarquer M. Sismonda [1], sous la masse énorme des débris qui forment le sol de la vallée au-dessous des Grandes Jorasses et de la combe de l'Évêque.

On trouve quelques moraines abandonnées par les glaciers dans le fond de la vallée d'Entrèves. Elles sont, en général, très-grandes et très-caractérisées; les plus remarquables sont un peu en amont du hameau de la Vachey, et plus haut, en aval de Pré-de-Bar. Au reste, la moraine est presque continue sur la rive gauche de la vallée entre ces deux endroits. « Mais c'est en amont de Présec, dit M. Agassiz, « que se trouve la plus belle de ces moraines terminales; « elle forme une immense ceinture de blocs granitiques en « face du glacier de Frébouge, à un quart de lieue de son « extrémité actuelle. L'origine de cette ceinture de blocs « est si évidente qu'il suffit de l'avoir vue pour rester convaincu que c'est une ancienne moraine déposée par le « glacier qu'elle embrasse encore à distance [1]. »

Ces anciennes moraines sont, je crois, d'époque assez récente; car il n'est pas nécessaire de supposer un changement de climat bien grand, pour que les glaciers actuels du val

[1] Mém. sur les ter. stratif. des Alpes, *Mém. de l'Acad. de Turin*, II, 11.
[2] Desor, *Nouvelles excursions et séjours dans les glaciers*, 1845, p. 215.

d'Entrèves viennent s'épancher dans le fond de cette vallée et y laisser leurs moraines. Il est évident qu'elles sont postérieures au temps où les glaciers du Mont-Blanc, réunis à ceux du Ruitor, du St-Bernard, du Mont-Rose et à tant d'autres, descendaient dans la plaine du Piémont et formaient la Serra près d'Ivrée (§ 157), après avoir passé peut-être sur le Mont-Chétif et la montagne de la Saxe. Dans la partie supérieure du val d'Entrèves, près des glaciers de Triolet et du Mont-Dolent, les surfaces moutonnées s'élèvent à 2500 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à peu près jusqu'au niveau du col du Petit Ferret.

A mesure qu'on chemine dans le val d'Entrèves, la nature devient plus sauvage. On laisse à droite des montagnes grisâtres, couvertes de gazon, tandis que, du côté opposé, on voit une succession d'aiguilles et de glaciers comme il y en a rarement, même dans les Alpes; mais on est trop près de leur base pour juger de toute leur grandeur.

On était peu d'accord, il y a quelques années, sur les noms des sept ou huit glaciers qui descendent plus ou moins dans le val d'Entrèves, entre le glacier du Mont-Fréty et le col Ferret. La carte du capitaine Mieulet en a maintenant fixé les dénominations. Les deux plus grands sont ceux de Triolet et du Mont-Dolent dans la partie supérieure de la vallée. Ils avaient déjà attiré l'attention de de Saussure.

Le **glacier de Triolet** ou d'Arméron, nommé Anneron par M. Agassiz, tire ses noms, d'après une tradition, de pâturages qui se trouvaient à la place où il est maintenant, et qu'il a recouverts il y a 200 ou 300 ans. On prétend que, dans les débris charriés par ce glacier, on a trouvé du corindon rose, et dans le glacier du Mont-Dolent, du lapis lazzuli; mais je n'ai pu vérifier ces deux assertions. J'ai

déjà parlé (§§ 49 et 155) de l'arrangement remarquable que j'avais observé, au pied du glacier de Triolet, entre les alluvions glaciaires et les moraines : je n'y reviendrai pas.

§ 579. — Ce glacier est séparé de celui du Mont-Dolent par le Mont-Rouge ou Mont-Ru, qui se présente d'une manière remarquable, lorsqu'on remonte le val d'Entrèves. La stratification de la protogine ne se montre, je crois, nulle part d'une manière aussi frappante (Pl. XX, fig. 5). Les couches y sont grandes, uniformes, et les surfaces en sont remarquablement parallèles. De Saussure nous dit qu'elles sont composées de granit dans lequel se trouvent des quartz micacés blanchâtres[1], et il a remarqué qu'elles n'étaient pas parallèles à la direction de la vallée, c'est-à-dire qu'elles couraient au S.-S.-S.-E.[2], tandis que la vallée va au S.-S.-O., la direction des couches ferait donc avec la vallée un angle de 34°. Mais je crois que la direction des couches du Mont-Ru est fort difficile à préciser : il m'a semblé cependant qu'elles courent du N. 30° O. au S. 30° E., ce qui diffère de 20° environ de la mesure de de Saussure. Toujours est-il que ces couches de protogine ne sont parallèles ni à la vallée, ni aux couches des montagnes de la rive gauche, ni à l'axe de la chaîne du Mont-Blanc. Elles plongent à peu près à l'E.-N.-E., en surplombant contre la vallée, et constituent une partie de la structure en éventail. Cette stratification s'observe encore sur la rive droite du glacier de Triolet et sur la rive gauche du glacier de Ferrachet, dans les endroits où il n'y a pas de roches moutonnées.

La structure dont je viens de parler se retrouve sur la rive gauche du **glacier du Mont-Dolent** (Pl. XXI,

[1] *Voyages*, § 866.
[2] *Id.*, § 868.

fig. 1). Au-dessus de la moraine, la protogine stratifiée (*a*) plonge sous la grande chaîne et s'appuie à l'extérieur sur des calcaires saccaroïdes ou dolomies blanches grenues (*b*), qui se divisent facilement en feuillets. La surface de ces feuillets est ondée, ce qui leur donne un aspect cannelé. Je pense que cet effet est dû à la pression et au frottement. Ces couches sont recourbées au contact des protogines : dans le haut elles plongent sous ces dernières ; mais dans le bas elles plongent au S.-E. Cet endroit est donc remarquable, parce que c'est le seul où l'on puisse voir une partie de la forme en auge ou en éventail renversé, que la théorie nous indique comme étant celle des couches calcaires des vallées d'Entrèves, de Véni et de Chamonix. Les couches dolomitiques ne se montrent pas sur la rive droite du glacier du Mont-Dolent, au pied du Mont-Ru.

On s'arrête volontiers quelque temps au chalet de **Pré-de-Bar,** avant de faire l'ascension du col Ferret. Il est bâti sur une crête calcaire tellement couverte de blocs erratiques, qu'elle a l'apparence d'une moraine.

Lorsqu'on traverse le **col Ferret** avec des mulets, on passe à l'endroit nommé la Peula (2536 mètres). Il y a encore du côté de l'E. un col plus élevé, nommé le Bandarrey (2695 mètres), qui ne présente de remarquable qu'une fort belle vue sur les glaciers du Mont-Blanc, ainsi que sur le mont Combin et le mont Velan en Valais. Le passage le plus court et le plus intéressant à faire, lorsqu'on est à pied, est le col du Grapillon ou du Petit Ferret (2592 mètres), dont la montée est extraordinairement rapide du côté de Pré-de-Bar.

On descend sur le revers N. du col Ferret par la rive droite du val des Fonds, espèce de grand couloir au pied de la Mayaz, présentant l'aspect le plus désolé ; il est ra-

vagé tous les printemps par d'énormes avalanches. De ce côté on observe une belle moraine d'ancien glacier. J'ai passé les trois cols Ferret. J'ai même cherché à gravir la base du Mont-Dolent, en partant du Grapillon, et j'ai remarqué, au contact même des roches de cristallisation ou de protogine peu caractérisée, des couches de dolomie ou de calcaire saccaroïde grenu, blanc, cannelé, semblable à celui de la rive gauche du glacier du Mont-Dolent, dont il est fort rapproché, s'appuyant contre la roche cristalline en plongeant au S.-E. de 60 à 70°. Un calcaire semblable et dans la même position se voit au Mettenberg près de Grindelwald, et M. Dausse en signale aussi la présence dans les Grandes Rousses en Oisans, où il le nomme calcaire moulé à la surface du granit[1].

Lorsque de la rive gauche du glacier du Mont-Dolent on regarde les aiguilles qui s'élèvent sur la rive droite et celles qui sont au delà, on croit voir les feuillets presque verticaux qui les forment reposer sur des couches à peu près horizontales. Je présume que cette apparence est due aux traces laissées par les anciens glaciers, qui ont poli les roches jusqu'à une hauteur considérable, en y déterminant des lignes ressemblant à des joints de couches, tandis qu'au-dessus les aiguilles n'ont jamais été usées par le frottement de la glace.

En descendant du Bandarrey aux chalets de Ferret, on trouve, sur la rive gauche de la Dranse, une eau tiède qui dégage, si je ne me trompe, de l'hydrogène carboné; on la nomme « l'Eau qui bout. » Plus bas, sur la rive droite, à une heure au-dessus des chalets, il y a une source ferrugineuse.

[1] *Mém. Soc. géol. de Fr*, 1835, II.

§ 580. — Sur le revers N.-E. de la belle aiguille triangulaire qui forme le Mont-Dolent, est situé un second glacier de ce nom, très-distinct de celui qui descend sur le revers méridional du col Ferret. Il n'est séparé du glacier de la Neuva que par la montagne de **la Mayaz** ou **la Monaz** à laquelle s'attache un intérêt tout particulier. En effet, on peut lire la note suivante p. 75 de l'*Essai sur les montagnes salifères du gouvernement d'Aigle*, écrit par F.-S. Wild, 1788 : « Je viens de trouver moi-même, dit « l'auteur, une infinité de coquillages pétrifiés, ce mois « d'août 1787, à la Monaz, vallée de Ferrex, territoire de « Valais, dans un voyage fait exprès pour suivre la roche « calcaire à travers les Alpes primitives les plus élevées, « en compagnie de M. Murith, chanoine du St-Bernard et « curé de Liddes, et de M. Dufour, pasteur d'Ollon. Il y a « trois bancs coquilliers, très-distincts par leur substance « et leurs productions, adossés à la montagne granitique à « l'endroit nommé.................. Tout le long de la vallée « de Ferrex, la roche calcaire est inclinée sur le granit d'un « côté, pendant que la roche granitique feuilletée l'est sur « le calcaire de l'autre. »

J'ai visité deux fois cette montagne de la Mayaz, et voici ce que j'y ai observé [1]. La base en est formée par des couches presque verticales de schiste argilo-talqueux et de calcaire dolomitique, qui de loin présentent une couleur blanchâtre, et brillent assez au soleil pour qu'on les ait nommées *la Lée* ou *la Lui;* elles dominent la vallée des Fonds. Du Grapillon on peut se rendre à la Mayaz en suivant presque horizontalement le flanc du Mont-Dolent ; mais j'y suis monté par le côté N., et je me suis élevé jusqu'au point où

[1] *Actes Soc. helvétique*, Lausanne, 1861, p. 72.

se trouvent deux couches de calcaire inclinées et divisées en grands quadrilatères de telle sorte que, si elles étaient horizontales, elles passeraient pour un pavé de géants. Elles s'appuient sur la chaîne granitique, et sont séparées l'une de l'autre par un couloir où l'on voit la jonction des roches de sédiment et de cristallisation; la coupe de la Mayaz est la suivante (Pl. XXI, fig. 2):

1. *Roche granitique*, mélange imparfait de quartz et de feldspath. Elle contient quelques fissures dans lesquelles le calcaire s'est déposé. Quelques-unes de ses parties rappellent le porphyre de la base du Montanvert, d'autres renferment des roches amphiboliques; mais un peu plus dans l'intérieur de la montagne, la vraie protogine est développée. Il n'y a ici aucune trace des schistes cristallins, qui sont cependant fort abondants plus au N. au Catogne et au Mont-Chemin.

2. *Conglomérat* dont les cailloux sont quelquefois plus gros que la tête. Ils sont variés, amphiboliques, etc., et le ciment m'a semblé tantôt pétrosiliceux, tantôt calcaire. La puissance de cette roche est de 5 à 6 mètres, elle est peut-être le prolongement du grès n° 10 que j'ai indiqué dans la coupe du col de la Seigne.

3. *Ardoises noires* micacées, ou schiste argileux, de 8 mètres d'épaisseur.

4. *Calcaire gris noir*, de 12 à 15 mètres d'épaisseur, rempli d'entroques et s'appuyant contre la chaîne du Mont-Blanc avec une inclinaison de 70° environ. On peut le suivre jusque sous le glacier du Mont-Dolent, qui vient le toucher, lorsqu'il s'avance. Au milieu de cette roche est une couche d'ardoise d'un mètre d'épaisseur environ. La partie supérieure de cette masse est occupée par un calcaire noir contenant des *encrines*, des *piquants d'oursins* et des rognons

plus ou moins siliceux et durs. L'épaisseur de ce calcaire est de 5 à 7 mètres.

5. *Calcaire dolomitique* blanchâtre qui renferme, au-dessous du glacier du Mont-Dolent, un grand filon de quartz. Ce calcaire est très-épais, et forme la paroi élevée de la rive gauche du vallon des Fonds.

6. Grande série d'*ardoises*, de *schistes argilo-talqueux*, de calcaires talqueux, etc., traversée par des filons de quartz et de chaux carbonatée; elle forme la plus grande partie du col Ferret. Les couches en sont dirigées du N. 15° E. au S. 15° O. et plongent de 60° au S.-E. environ. Sur la route de la Peula, elles courent du N. au S. et s'inclinent de 70° à l'E.

7. *Cargneule*, dans le ravin de la Léchère et au col de la Peula.

8. Terrain très-puissant de *calcaire gris talqueux* ou micacé, cipolin, associé à des ardoises grises ou noires et à des schistes lustrés. On voit dans cette série des calcaires brèches plus ou moins parsemés de paillettes micacées ou talqueuses; dans les environs du Bandarrey ils sont le prolongement des roches de même nature du col de la Seigne. Ils sont recouverts par une succession de terrains dont je parlerai plus tard (§ 683).

M. Sharpe a donné sur le col Ferret des détails qui ne concordent guère avec mes observations[1].

J'attachais un grand intérêt aux **fossiles** recueillis dans la couche n° 4 de la Mayaz, parce qu'ils sont très-voisins des roches granitiques du Mont-Blanc, et je les ai soumis à l'examen de M. **Desor** qui, par ses beaux travaux sur les

[1] *Archives*, 1855, XXVIII, 287, et *Bull. Soc. Vaud. d'hist. nat.*, 4 juillet 1855.

oursins, était bien placé pour les déterminer. Ce savant a eu l'obligeance de m'envoyer la note suivante.

§ 581. — « La grande majorité des fossiles de cette « localité se compose de fragments de tiges et d'articles de « pentacrines, et de radioles d'échinides. Ces derniers sont « assez caractérisés pour indiquer, d'une manière au moins « approximative, la formation à laquelle ils appartiennent.

« Les échantillons que j'ai examinés se rapportent à deux « espèces de vrais cidaris; l'un, assez gros et cylindrique, « représenté par deux exemplaires seulement; je ne saurais « les distinguer du *C. histricoides*, Quenst. (Tab. 48, fig. 25), « qui n'est lui-même, selon toute apparence, qu'une variété « du *Cidaris Parandieri*, Ag., espèce propre au terrain « corallien inférieur.

« Le second radiole, beaucoup plus abondant, appartient « à un type entièrement différent, celui du *Cidaris à radioles* « *subclavellés* qui tiennent le milieu entre les radioles cylin- « driques et les radioles clavellés ou glandiformes. Ils sont « diversement ornés, tantôt uniformément granuleux, tantôt « avec granules en *séries longitudinales*. C'est à cette der- « nière catégorie qu'appartiennent les radioles subclavellés « de la Mayaz.

« Si nous considérons la distribution de ce type dans la « série des terrains, nous le trouvons pour la première fois « dans la formation de St-Cassian, mais avec des formes et « une physionomie particulières (voyez Synopsis, Pl. II). « Le lias ne nous a fourni jusqu'ici aucun représentant « quelconque de ce groupe. Il ne commence à se montrer « bien distinct que dans l'oolite inférieure où nous trouvons « le *Cidaris Courtaudina*, Cotteau (dans l'oolite inférieure de « la Sarthe), et le *Cidaris Davoustiana* (dans la grande oo- « lite); l'un et l'autre diffèrent cependant des radioles de

« la Mayaz par la présence d'une collerette bien distincte.
« Cette absence de collerette, jointe à la forme à peu près
« lisse de la facette articulaire, constitue, par conséquent,
« un criterium assez important. Or, si je considère les es-
« pèces qui réunissent ces deux caractères, je n'en trouve
« guère que deux, le *Cidaris elegans* et le *Cidaris propinqua*,
« Munst. (Synopsis, Tab. III, fig. 25 et 26), toutes deux
« assez fréquentes dans le Jura, de même qu'en Wurtem-
« berg. La forme commune des radioles de la Mayaz rappelle
« tout à fait le *Cidaris propinqua ;* il n'y a que les grands
« exemplaires qui paraissent s'en distinguer un peu par
« leurs granules plus gros ; mais ceux-là aussi ont la facette
« articulaire lisse, ce qui ne permet pas de les confondre
« avec les espèces précédentes, ni avec le *Cidaris Blumen-*
« *bachii. Je ne crois donc pas trop me hasarder en rapportant*
« *les radioles de la Mayaz au* Cidaris propinqua, *espèce carac-*
« *téristique de l'argovien ou Jura blanc* γ *de Quenstedt, hori-*
« *zon qui, dans la Suisse occidentale, semble se confondre avec*
« *le corallien inférieur.* (Au nombre des radioles clavellés à
« facette articulaire lisse se trouvent encore ceux du *Cidaris*
« *coronata ;* mais ils diffèrent complétement des nôtres par
« leur collerette très-longue [Synopsis, Pl. III]).

« Les fragments de test qui accompagnent les radioles
« sont trop frustes pour se prêter à une détermination ri-
« goureuse. Ce qui est certain, c'est que ce sont de vrais
« cidaris ; cela résulte à la fois de la grandeur des plaques
« inter-ambulacraires et des zones porifères. Sur l'un des
« échantillons, on distingue une plaque isolée qui n'est pas
« sans importance ; elle porte un assez gros tubercule à
« base à peu près lisse, exactement comme nous les con-
« naissons dans le *Cidaris propinqua* du Jura. Le tubercule
« lui-même est entouré d'un cercle de granules assez gros

« et sensiblement espacés, ce qui est encore un trait dis-
« tinctif du *Cidaris propinqua* (voyez Cotteau, Échinides de
« la Sarthe, Pl. 60, fig. 5-9). Il y a dès lors toute proba-
« bilité que la plaque en question et probablement aussi les
« autres fragments de test appartiennent à la même espèce
« que les radioles, c'est-à-dire au *Cidaris propinqua :* elles
« ne sauraient appartenir au *Cidaris Parandieri* qui a les
« tubercules plus petits et fortement crénelés.

« Les tiges et anneaux de pentacrines ne sont pas moins
« abondants que les radioles de cidaris dans le calcaire de la
« Mayaz. Les fragments de tiges sont très-anguleux, assez
« gros et indiquent, par conséquent, des crinoïdes de grande
« taille; les anneaux sont tantôt égaux, tantôt présentent
« des inégalités, les uns étant plus larges et plus saillants
« que les autres. Mais ces variations ne sauraient fournir
« des caractères spécifiques, puisqu'elles se retrouvent dans
« le même individu. D'ordinaire, on n'est guère habitué à
« rencontrer autant de pentacrines ailleurs que dans le lias :
« je conçois dès lors qu'à première vue on soit tenté de
« rapporter la roche qui les renferme à la formation lia-
« sique. Cependant il ne faut pas perdre de vue que les
« autres étages du terrain jurassique ne sont pas dépourvus
« de ces fossiles. On les retrouve en grand nombre dans
« l'oolite inférieure et surtout dans le Jura moyen, où le
« *P. scalaris* ne pullule pas moins que le *P. basaltiformis*
« dans le lias. Il est notoire aussi que les deux espèces sont
« très-voisines, à tel point qu'il est très-difficile, si non im-
« possible de les distinguer au moyen des tiges. Les articles
« des bras, qui sont également très-nombreux, et que l'on
« pourrait, dans certains cas, prendre pour des tiges d'eu-
« géniacrines, sont encore moins concluants. Il est probable
« qu'ils se rapportent au *P. scalaris ;* quoi qu'il en soit, ils

« ne sont pas suffisamment caractérisés pour fournir une « objection contre les conséquences que j'ai tirées plus haut, « relativement à l'âge du terrain de la Mayaz, de la présence « des cidarides qui s'y trouvent. »

§ 582. — Le résultat de l'examen des fossiles de la Mayaz, fait par M. Desor, me paraît fort curieux. N'est-il pas, en effet, singulier de trouver le Jura blanc γ de Quenstedt, l'horizon à *Terebratula lacunosa*, le spongitien de M. Étallon ou le corallien inférieur, en couches appuyées contre la protogine du Mont-Blanc, et à 30 ou 36 mètres de cette roche. Ces calcaires sont minéralogiquement semblables à ceux qui forment le pourtour du Mont-Blanc, dans la vallée de Chamonix, au Mont-Fréty et au Bon-Homme où j'ai également trouvé une *Pentacrinite*.

Les observations faites à la Mayaz, qui constatent la présence de fossiles bien conservés près des roches granitiques, sont en opposition avec la théorie du **métamorphisme**, si dans cette théorie on admet qu'un flux de chaleur est sorti des roches granitiques du Mont-Blanc et a modifié les roches voisines. Le calcaire de la Mayaz ressemble, à s'y méprendre, à celui du Fort de l'Esseillon en Maurienne, quoiqu'il ne renferme pas, comme celui-ci, des cristaux d'albite disséminés dans son intérieur, et je crois que ni l'un, ni l'autre ne sont métamorphiques. J'ai en vain cherché des traces de grenat dans les roches de la Mayaz, ce qui les aurait rapprochées des roches des Nuffenen dans le Haut-Valais, lesquelles renferment des bélemnites et des grenats[1]. Pour expliquer l'étrange arrangement des roches de la Mayaz, un amateur de failles

[1] De Charpentier et Lardy, *Mém. Soc. helvétique*, 1833, 241. — Boué, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1re sér., V, 466. — Studer, *Géol. der Schweiz*, I. 196.

placera une grande dislocation de cet ordre, quelque part dans la fig. 2 de la Pl. XXI, quoique la superposition des couches paraisse très-réelle.

§ 583. — La rive gauche du **val Ferret valaisan** est occupée par plusieurs glaciers. Le plus grand est celui de Saleinoz qui, d'après des observations récentes, descend du revers oriental de l'Aiguille d'Argentière (3912 mètres)[1]. Ces divers glaciers sont séparés les uns des autres par des montagnes très-élevées, flanquées à leur base de masses **calcaires**, ayant plus ou moins l'apparence de parois presque verticales. On en voit au-dessous de la montagne des Planereuses, au-dessous de la Pointe de Darey et à la base du Chatelet. Plus au N., la zone calcaire continue sans interruption jusque dans les environs de Vollége et de Pierre-à-Voir. Partout, sur cette longue ligne, les roches calcaires s'appuient sur les roches de cristallisation sans être recouvertes par elles.

Au bas du glacier de la Neuva l'on voit une **ancienne moraine** bien marquée. On en remarque une autre sur la rive droite de la vallée, au-dessus des chalets de la Folie; et les blocs de protogine s'élèvent de ce côté à 330 mètres environ au-dessus du fond de la vallée près des chalets de Balfin.

Lorsque le jour est favorable, on aperçoit de la Folie des couches presque verticales et fort contournées au sommet du petit Mont-Dolent (3165 mètres), malgré la distance, je ne crois pas que ce soit une illusion; ceci montre

[1] La carte topographique que j'ai publiée en 1861, qui a le même dessin que ma carte géologique de 1862, est fautive dans le tracé de la partie supérieure du glacier de Saleinoz, parce qu'elle a été copiée en partie sur les cartes des ingénieurs sardes; ce n'est que depuis la publication de la carte de M. Reilly en 1864, et de celle du capitaine Mieulet en 1865 qu'on sait que le glacier de Saleinoz remonte jusqu'à l'Aiguille d'Argentière.

que, même dans les grandes hauteurs, les plis des roches ont été une des principales causes des fissures qui facilitent l'abaissement des montagnes.

La **mine de fer** du val Ferret a été peu exploitée. Elle est située au bas du Mont-Noir, dans un grand rocher blanc nommé la Lée, non loin de la Folie. C'est un filon ou couche de fer oxydulé, associé à du fer carbonaté et à quelque peu d'oxyde de manganèse, situé dans le prolongement du calcaire à encrines de la Mayaz. Entre le minerai et la roche granitique, il y a une dolomie blanche, et près de celle-ci une brèche rougeâtre. Toutes ces couches s'appuient contre une protogine à petit grain, et les schistes cristallins manquent totalement. Les couches sont dirigées du N. 15° E. au S. 15° O. et plongent très-fortement à l'E. 15° S. Elles sont presque verticales.

§ 584. — L'étude du **terrain erratique** dans le val Ferret est des plus intéressantes ; j'en ai déjà parlé (§ 87), mais je ne puis passer à côté de la **Crétaz de Saleinoz** sans la décrire. C'est une magnifique moraine, l'une des plus belles des Alpes. Elle a attiré l'attention de M. Agassiz en 1845 [1], et je la visitai avec M. de Charpentier, cet aimable compagnon de voyage, qui mettait autant de savoir que de bonne grâce à expliquer la géologie des Alpes, et particulièrement ce qui se rapporte à l'ancienne extension des glaciers. La moraine de Saleinoz est maintenant tout à fait séparée du glacier dont elle porte le nom, quoiqu'elle n'en soit pas très-éloignée. Elle commence à la base de la montagne située sur la rive droite du glacier, et s'étend au travers du val Ferret jusqu'à la base de la chaîne qui est sur la rive droite de la vallée ; on peut considérer les blocs de

[1] Desor, *Nouvelles excursions, etc.*, 1845, p. 219.

Plein-y-bœuf (§ 88) comme en étant le prolongement ; mais ils ont été déposés à une époque beaucoup plus ancienne. La Crétaz de Saleinoz varie en hauteur de 30 à 50 mètres au-dessus du sol ; elle est concave du côté d'aval et convexe du côté d'amont, le versant intérieur en est plus rapide que le versant extérieur. Elle est traversée, au Revers, par le torrent principal du val Ferret. Il est évident qu'elle a été la moraine latérale droite du glacier de Saleinoz, lorsqu'il avait un certain développement.

Sur cette moraine se trouvent des blocs de protogine énormes et très-nombreux. L'un des plus remarquables a 17 mètres de largeur, 27 de longueur et 10 de hauteur, ce qui donne une masse d'environ 4590 mètres cubes. D'après une ancienne tradition, le glacier de Saleinoz serait arrivé jusqu'au village de Praz de Fort où j'ai trouvé des cailloux polis et striés, et le nom du village de Som-la-Proz, qui se trouve au-dessous, confirme cette idée ; car il signifie le sommet de la prairie. On n'a aucun renseignement sur l'époque à laquelle cette moraine a été formée, et les beaux mélèzes qui la recouvrent, et dont quelques-uns ont plus de 200 ans, ne peuvent fournir aucune donnée sur son âge. Elle a été déposée après l'époque glaciaire lorsque les glaciers étaient prêts de rentrer dans leurs limites actuelles. De même que toutes les moraines qui s'étendent en travers des vallées, elle contredit par sa présence les idées de de Saussure et de Léopold de Buch sur le transport des blocs erratiques par des courants.

L'ancienne **moraine latérale gauche** du glacier de Saleinoz est peu élevée au-dessus de la plaine et peu développée, ce qui s'explique très-bien, parce que les observations faites sur les glaciers actuels montrent que toutes les fois qu'un glacier dépose des moraines dans une partie

de sa course où il change de direction, la moraine extérieure est plus considérable que la moraine intérieure.

§ 585.—Dans un voyage que j'ai eu le plaisir de faire en 1846, avec M. le professeur Studer, nous allâmes à la **chapelle d'Orny**, située à 2724 mètres au-dessus du niveau de la mer sur le flanc de la chaîne du Mont-Blanc. La première roche en place qu'on rencontre en y montant d'Orsières, est un schiste talqueux, gris ou noirâtre, doux au toucher. Les couches plongent tantôt à l'intérieur, tantôt à l'extérieur de la montagne, et l'épaisseur en est très-faible, en sorte qu'on arrive promptement sur la protogine, et l'on ne voit pas de vrai gneiss. La protogine contient du molybdène sulfuré; elle est très-feldspathique, à petit grain, avec de la chlorite en nids; c'est plutôt une espèce d'eurite chloriteuse qu'une vraie protogine; elle est coupée par de grands filons d'un pétrosilex qui prend quelquefois l'aspect du porphyre quartzifère.

Plus haut, des protogines variées sont divisées en couches plongeant au N.-N.-O. Je dois à l'obligeance de M. J. Forbes d'Édimbourg des échantillons de protogine recueillis dans la région la plus élevée du glacier de Saleinoz; ils montrent que les aiguilles de ce massif sont de protogine à grands cristaux.

Le glacier d'Orny est bordé d'une grande moraine qui domine le vallon par où l'on monte à la chapelle, et peu s'en faut que le glacier, qui passe d'un autre côté, n'y descende maintenant. Une autre moraine moins considérable se voit à une certaine distance du glacier.

La vue n'est point très-belle à la chapelle d'Orny; nous nous y arrêtons peu, et nous gagnons une longue pente gazonnée pour redescendre le long du glacier de Saleinoz, en côtoyant pendant quelque temps une des branches du

glacier d'Orny. De ce côté encore on ne trouve ni le gneiss, ni la jonction des roches cristallines avec les roches de sédiment.

Pendant que nous descendions, M. Studer et moi, la grande pente gazonnée dont je viens de parler, la glace du glacier d'Orny entraîna tout à coup une partie de sa moraine et détermina un **éboulement énorme** qui se précipita non loin de nous dans un torrent coulant au fond d'une gorge étroite. On n'a aucune idée d'un pareil spectacle, lorsqu'on ne l'a pas vu. Des milliers de pierres de toutes grosseurs arrivaient au point où le torrent forme une cascade, et faisaient des bonds immenses en se heurtant contre les rochers du voisinage. Il y eut deux chutes successives de pierres et de glace. Au début de l'une d'elles, trois gros blocs se précipitèrent; l'un d'eux avait environ 7 mètres de longueur, 3 à 4 mètres d'épaisseur et autant de largeur[1], les autres, moins volumineux, avaient environ 5 mètres de longueur. Ils firent tous trois des sauts prodigieux, de plusieurs centaines de pieds de hauteur, en tournoyant en l'air. Lorsque cette énorme quantité de débris, grands et petits, arriva dans la partie peu inclinée du torrent, elle s'arrêta jusqu'à ce que l'eau, continuant à arriver sans cesse, finit par exercer une pression assez puissante pour pousser toute la masse. Celle-ci se mit alors en mouvement, et coula comme si elle eût été plastique et formée de boue: cependant elle renfermait des milliers de blocs. Au bout de 300 pas environ, le plus gros des blocs se fixa en terre, arrêtant avec lui toute la masse. L'eau, arrivant toujours, s'accumula: puis tout à coup elle s'échappa de côté, en entraînant un grand talus d'éboulement qui encaissait le torrent, et

[1] Je fus mesurer ce bloc lorsqu'il fut arrêté dans la vallée.

qui, en s'affaissant, encombra encore le cours de l'eau. Mais celle-ci, s'élevant toujours, parvint à se frayer un passage au milieu des obstacles qui l'arrêtaient. Au bout de quelque temps, tout redevint calme.

La vue de cette grande avalanche m'a vivement intéressé; cependant je ne crois pas que des événements semblables aient une grande importance au point de vue de l'abaissement des montagnes; car lors même qu'ils se produisent parfois sans que personne en soit témoin, ils sont rares; néanmoins il est impossible que l'action lente de la désagrégation des roches et des éboulements, continuée pendant des siècles avec la puissance qui est un des caractères des forces lentes de la nature, ne finisse pas par diminuer graduellement la hauteur des montagnes.

Deux choses m'avaient encore frappé dans ce grand spectacle: la première, c'était de voir une si grande masse de blocs acquérir une espèce de plasticité sous l'action de l'eau du torrent; la seconde, c'était la manière dont les plus gros blocs paraissaient flotter à la surface de cette débâcle. Mais il est évident qu'ils ne flottaient pas plus que s'ils avaient roulé sur des boulets de canon.

§ 586. — Entre Praz de Fort et Som-la-Proz, les roches sont des schistes talqueux, couverts d'efflorescences magnésiennes, en couches dirigées du N. 15° E. au S. 15° O., plongeant de 70° à l'E. 15° S., comme les couches des montagnes de la rive droite de la Dranse de Ferret. On nomme ces roches Sous-la-lie, et leur prolongement septentrional passe au-dessus du calcaire de Sembranchier.

Le village d'**Orsières** (880 mètres) est un peu plus bas, au confluent des deux Dranse et au pied du mont Catogne. Entre cette dernière montagne et celles de la rive droite du glacier de Trient, se trouve un charmant

vallon dans lequel est situé le lac de Champey. Ce vallon est indiqué comme une arête de montagne sur la carte de Raymond, qui était la meilleure qu'on put trouver lorsque j'ai commencé à parcourir cette région.

D'**Orsières à Champey** la succession des roches est la suivante :

1. Schiste argilo-talqueux formant l'extérieur de la montagne et une grande partie de la descente du côté d'Orsières.

2. Ardoises noires, épaisses, quelquefois en couches renversées et plongeant sous la montagne.

3. Schiste talqueux, blanc verdâtre, très-épais.

4. Calcaire noir, formant de grandes masses de rochers nettement dessinées, et s'appuyant contre la chaîne centrale dans le val Ferret.

5. Mélange de quartz et de calcaire (dolomie?) plus ou moins cristallin.

6. Calcaire peu cristallin. Toutes ces couches, qui sont presque verticales, plongent environ à l'E.-S.-E.

7. Ardoises noires.

8. Roches quartzeuses.

9. Schistes cristallins, formant toute la masse du mont Catogne, avec quelques protogines porphyroïdes grisâtres.

A l'entrée méridionale du plateau de Champey, on voit une belle moraine qui retient les eaux du lac. Plus au N., on remarque deux autres moraines composées de blocs de protogine; elles ont été déposées par le glacier qui est descendu par l'Arpettaz de Champey.

§ 587. — M. de Charpentier a signalé au-dessus d'Orsières un bloc erratique fort curieux, qui a été également décrit par M. le chanoine Bisselx[1]. Sur les flancs du mont

[1] De Charpentier, *Essai sur les glaciers*, 1841, p. 148.

Catogne une paroi de calcaire blanchâtre nommé la **Li-blanche,** située au-dessus du village de Sous-la-lex s'élève à une très-grande hauteur. La surface extérieure en est inclinée d'environ 45°. Des bancs de calcaires plus durs que les autres forment des aiguilles dans la partie supérieure : on leur a donné différents noms ; la Porte des Fées est une des plus bizarres.

Près du sommet de cette paroi de rochers et sur un très-petit espace, reposait un **bloc de protogine** de 125 mètres cubes, à une hauteur de 529 mètres au-dessus d'Orsières. L'élévation de ce bloc, son volume et l'étroitesse de l'espace sur lequel il reposait prouvaient, suivant MM. de Charpentier et Bisselx, qu'il avait été amené dans cette position par une action lente. La plateforme sur laquelle il se trouvait ayant été diminuée par l'action des agents atmosphériques, et une partie du terrain ayant été emportée, il ne restait plus qu'une pile de pierres plates, haute de quatre pieds environ, qui soutenait le bloc dans la position singulière représentée Pl. XXI, fig. 3.

D'après une lettre que M. Bisselx a bien voulu m'écrire en 1856, le bloc n'est plus à sa place. Il paraît que le 3 janvier 1855, à quatre heures du matin, on ressentit à Orsières un tremblement de terre assez fort qui a peut-être ébranlé la petite colonne sur laquelle il reposait, et le 6 du même mois cette énorme pierre tomba. Elle glissa d'abord, ce qui a pu être constaté par les traces qu'elle a laissées sur la paroi de rochers ; elle roula ensuite au bas de la pente de 45°, en produisant un bruit bien supérieur à celui des plus grosses avalanches, et en secouant à la manière d'un tremblement de terre le roc calcaire qu'elle touchait. Les chocs la divisèrent en plusieurs morceaux,

et quelques-uns d'entre eux sont descendus jusqu'au-dessous du chemin de chez les Reuse à Sous-la-lex.

Aux environs d'Orsières, on trouve plusieurs **terrasses diluviennes** remarquables. Elles ont jusqu'à 70 ou 100 mètres d'élévation au-dessus du fond de la vallée actuelle, et il me paraît probable qu'à une époque ancienne le niveau de la vallée atteignait leur surface supérieure (§ 91).

Entre Orsières et Sembranchier, il n'y a pas beaucoup d'observations à faire, sauf peut-être sur le volume des blocs de granit qui se trouvent dans le lit de la Dranse ou dans son voisinage. A **Sembranchier,** les terrains de transport viennent de trois vallées : celle de Ferret, celle d'Entremont ou du St-Bernard et celle de Bagne. Ils ont été apportés par les anciens glaciers.

La débâcle occasionnée par le **glacier de Gétroz** en 1818 est la plus grande des inondations de cette vallée dont on ait conservé le souvenir [1]. Cette catastrophe a été terrible par les malheurs qu'elle a causés ; mais au point de vue de la géologie, elle n'a pas laissé de grandes traces. Ce courant, malgré sa rapidité, n'a pu jeter en dehors du lit de la Dranse, dont il suivait le cours, aucun bloc un peu volumineux.

§ 588.—Au N. du village de Sembranchier est le **Mont-Chemin**, localité où les habitants de Martigny vont en *villeggiatura*. Les quelques fossiles que j'y ai recueillis à ma première visite m'ont attiré plusieurs fois dans cette localité. Toute la partie orientale de cette montagne est composée de schistes cristallins en couches à peu près verticales, et plongeant légèrement au S.-E. Je la décrirai en partant de Martigny.

[1] Aux citations faites § 92, on peut ajouter encore l'*Edinburgh Phil. Journ.*, I, 188.

De ce bourg l'ascension se fait sur des schistes cristallins talqueux (nº *1*, Pl. XXI, fig. 5), dirigés du N. 25 à 30º E. au S. 25 à 30º O. et plongeant de 80 à 90º au S.-E. Le grain en devient de plus en plus fin à mesure qu'on s'élève; au-dessus de Chemin-d'en-haut, ces schistes ressemblent à un vrai gneiss et ils sont le prolongement de la masse de même nature qui est située sur le revers N. du Mont-Blanc; on sait qu'ils manquent presque complétement du côté Sud.

On a exploité plusieurs espèces de mines dans le Mont-Chemin. Les plus importantes sont, si je ne me trompe, les mines de plomb et de cuivre de Bovernier, que je n'ai pas visitées, mais sur lesquelles M. L. de Loriol, qui en a été le directeur, a eu l'obligeance de me donner les détails suivants.

« Le filon de plomb qui se trouve au Mont-Chemin est « plutôt un filon de feldspath imprégné irrégulièrement de « galène. Il a une direction à peu près exactement E.-O. On « peut le suivre depuis le sommet du Mont-Chemin jusque « sur le flanc du Catogne, en face de l'ancien couvent des « Trappistes qui est au bord de la Dranse, après la galerie « de la Monnaie. Ce filon est remarquable par sa grande « régularité; on ne remarque nulle part de faille. Sa puis- « sance moyenne est 1 mètre et son inclinaison 80 à 85º. « L'orthose domine beaucoup; j'en ai même trouvé des « cristaux assez volumineux. La roche encaissante me pa- « raît être une sorte de gneiss extrêmement dur et rebelle « à la poudre, au contact duquel le feldspath se transforme « souvent en argile contenant des rognons de galène iso- « lés. Je fais faire l'exploitation maintenant (1861) au moyen « d'une galerie à travers bancs à côté de l'ancien couvent « et au niveau de la route; elle coupe le filon à 100 mètres

« du jour. J'ai tenté quelques essais sur le flanc du Catogne, « vis-à-vis de mes travaux actuels; mais je n'ai pas ob- « tenu de résultats satisfaisants, la galène est trop rare. « La teneur moyenne du plomb obtenu est 100 à 140 gram- « mes par 100 kilogrammes.

« Le minerai de fer du Mont-Chemin est du fer oxydulé « magnétique d'une richesse de 60 à 70 °/₀. Je crois qu'il « se trouve plutôt en amas qu'en filons réguliers. On l'a « exploité déjà sur divers points au-dessus de Chanaz près « de Vence et au-dessus de Bovernier. Maintenant on tra- « vaille sur la crête du mont, à l'endroit appelé Chez-les- « Large. Le minerai a une puissance variant de 3m,50 à « 1 mètre. Pour le moment, il est perdu en profondeur et en « direction; il faudra faire des trous de sonde pour le re- « trouver. Il est probable que ces amas de minerai de fer « se trouvent sur beaucoup de points du Mont-Chemin: « ils paraissent avoir été connus de toute antiquité; car « on trouve dans la forêt, et à des endroits très-éloignés « les uns des autres, des amas considérables de scories. « sur lesquels ont poussé de gros mélèzes. On ne voit au- « cune trace de fourneaux. »

Près du hameau nommé Chez-les-Large est une couche épaisse de *calcaire saccaroïde* (*c*, Pl. XXI, fig. 5) associé à de la pierre ollaire; elle se dirige du N. 30 à 35° E. au S. 30 à 35° O., et plonge un peu au S.-E., tout en étant presque verticale. Cette couche est très-voisine d'un amas de fer oxydulé dont il est parlé dans les renseignements de M. de Loriol. Le tout est entouré de schistes talqueux traversés par des veines de quartz et de chlorite qui renferment plusieurs espèces minérales. Les principales sont les suivantes: fer oxydulé de la mine même; fer oligiste en petite quantité, qui entre dans la composition d'une ro-

che feuilletée assez rare, formée de quartz et de fer oligiste en lamelles, en sorte qu'elle doit avoir quelque ressemblance avec l'itabirite du Brésil ou *sidérochriste* de Brongniart ; cobalt arséniaté sur un schiste talqueux vert, très-voisin de la pierre ollaire ; quartz cristallisé ; chaux carbonatée ; amphibole hornblende en lamelles noires. La roche sur laquelle se trouvent la plupart de ces minéraux renferme beaucoup de hornblende. On y voit encore de l'amiante, du bissolithe, de la métaxite, de l'épidote d'un vert clair, du mica en paillettes d'un jaune d'or et de la chlorite brune.

Un peu au delà de la mine de Chez-les-Large on remarque une autre couche de calcaire *saccaroïde blanc* (*c'*) qui n'est pas associé à du fer oxydulé. Ce calcaire, qui est traversé par des veines de quartz, est divisé en grands feuillets et entouré de schistes cristallins ; il rappelle le gisement de la Pierre-à-l'Échelle (§ 536). Plus haut sur le revers N. du monticule dont l'élévation au-dessus du niveau de la mer est indiquée sur la carte fédérale par le chiffre de 1449 mètres, on exploite la mine de fer oxydulé de Vence, qui contient quelques traces de cuivre carbonaté vert et bleu, provenant probablement de l'altération des pyrites. On y rencontre encore du cobalt arséniaté. Cette exploitation est ouverte dans les schistes talqueux dont nous avons déjà parlé et qui ont à peu près la même direction dans toute la montagne. Quelques-uns des feuillets de ce schiste ressemblent à l'antigorite. Le maître mineur assurait que le minerai forme une poche, c'est-à-dire une masse isolée dont on a fait le tour au moyen d'une galerie.

§ 589.— Au-dessus des roches précédentes, on retrouve le *schiste talqueux* (*t'*, Pl. XXI, fig. 5) traversé par un large filon quartzifère dans le voisinage de la Crête à

l'Our (Crête de l'Ouragan). Sur le sentier qui conduit de ce dernier endroit à Sembranchier on voit les roches suivantes :

Cargneule (2) reposant sur les schistes cristallins à quelques centaines de pas de la Crête, dans la forêt de Vence.

Grès calcaire (3) rougeâtre, reposant sur la cargneule.

Dans le chemin dont je viens de parler et fort près des maisons de la Crête, on voit un *calcaire talqueux (4)* à facettes miroitantes et en couches dirigées du N. 30° E. au S. 30° O., plongeant au S.-E. environ. Ce calcaire renferme de grandes bélemnites très-abondantes [1], des pectens, des huîtres, et j'y ai vu un fragment de grosse ammonite. Ces bélemnites ont jusqu'à 24 centimètres de longueur: peut-être sont-elles un peu allongées par l'effet du clivage; la surface en étant fort rugueuse et enduite d'une matière talqueuse, elles ne peuvent fournir des renseignements paléontologiques bien certains. M. le professeur Mérian de Bâle, qui a bien voulu examiner les échantillons que j'ai recueillis, n'est pas arrivé à une détermination bien précise: d'après lui, l'espèce dont ils se rapprochent le plus est le *B. paxillosus*, Schloth., ou *B. paxillosus Amalthei*, Quenst. (*Cephalop.*, Pl. XXIII, fig. 21, ou Pl. XXIV, fig. 5 *a*), de l'étage toarcien (*B. niger*, List., liasien, d'Orb.). D'après M. C. Mayer, ils appartiennent au *B. elongatus*, Miller (d'Orbigny, Pal. fr. jurass., Pl. VIII, fig. 6), du lias moyen. Ces échantillons, malgré leur grandeur, n'ont pas d'analogie avec le *B. giganteus* du terrain bajocien.

Cette couche se retrouve, avec les mêmes fossiles, dans un rocher situé au S.-O. du chalet des Planars. Il est pro-

[1] *Actes Soc. helvétique*, Lausanne, 1861, p. 72; *Archives*, 1861, XII, ..

bable que, si on la cherchait avec soin, on la découvrirait dans les environs de Saxon; car elle se voit encore à Létroz, sur la rive droite du Rhône. Malheureusement, la conservation des fossiles du Mont-Chemin laisse beaucoup à désirer : il est cependant intéressant de les trouver près des schistes cristallins, et à peu près sur le prolongement des calcaires de la Mayaz qui appartiennent au terrain jurassique moyen ou supérieur.

Il est évident qu'ici encore il faut admettre que les schistes cristallins appartiennent au terrain carbonifère, ou que ce terrain manque ; cette seconde hypothèse est plus probable que la première. Ces schistes cristallins sont le prolongement de ceux qui occupent le revers N. du Mont-Blanc, car il n'y en a pas sur le revers S.; mais les roches calcaires dont nous avons parlé et celles que nous allons décrire, sont la suite de celles du revers S. Par conséquent, au Mont-Chemin les couches du revers N. du Mont-Blanc viennent en contact avec celles du revers Sud.

Le calcaire à bélemnites est recouvert par des *ardoises noires (4 bis)* sur lesquelles se trouvent les champs du village de Vence.

La Pointe de Vollége est formée par le *calcaire (5)* qui repose sur des ardoises noires; il est blanc, schisteux, cristallin, peut-être dolomitique; c'est le prolongement de la Li-blanche d'Orsières.

Toutes ces couches traversent en biais la partie orientale du Mont-Chemin, et passent de la vallée de Sembranchier dans celle du Rhône.

Au pied de la Pointe de Vollége et dans la partie supérieure du Mont-Chemin, il y a une quantité si prodigieuse de **blocs erratiques granitiques**, qu'on pourrait facilement penser que le granit fait partie du corps même de la

montagne. Je suis porté à croire, comme je l'ai dit (§ 93), que les glaciers d'Entremont (Ferret, Entremont et Bagne), en se joignant au glacier du Rhône près de la Pointe de Vollége, ont accumulé des blocs autour de cette sommité, et que ceux-ci ont roulé plus ou moins lors de la fusion des glaces; leur limite supérieure est à 1450 mètres au-dessus du niveau de la mer près des chalets des Planars; mais plus à l'E. dans la même chaîne, elle est à 30 mètres au-dessus de la chapelle du Pas-du-Lens (sentier de Levron à Saxon) qui, d'après la carte fédérale, est à 1600 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Revenons à la coupe représentée dans la Pl. XXI, fig. 5 : le calcaire de Vollége est recouvert par un *schiste argileux* ou *argilo-talqueux noir (6)* en grande masse, qui est la suite de celui de la rive droite de la Dranse entre Sembranchier et Orsières.

§ 589 *bis*.—La crête de la montagne située entre le Mont-Chemin et le sommet de Pierre-à-Voir ou Pierre-à-Voire est en grande partie composée de ce même schiste argilo-talqueux. Il est intéressant d'aller jusqu'à cette dernière sommité. On chemine pendant longtemps entre des monticules couverts de mélèzes; on passe aux Planars, près desquels j'ai signalé la couche à bélemnites ; la cargneule, dont j'ai déjà indiqué la position, se trouve géologiquement au-dessous de cette couche, à l'endroit nommé la Tête ou Mayen Richard, et l'on voit le calcaire de Vollége se prolonger en petites crêtes boisées. En allant toujours à l'E. et à mi-chemin entre la chapelle du Lens et un gros monticule boisé nommé Bligier qu'il faut gravir (Pl. XXI, fig. 5), on voit une couche de *gypse blanc (7)*, mélangée de matières talqueuses, qui est le prolongement des gypses de la rive droite du val Ferret.

La roche du Bligier est un *calcaire brèche (8)*, qui constitue un terrain très-puissant, alternant avec quelques schistes argileux, avec beaucoup de cipolins plus ou moins micacés et schisteux, et avec des calcaires blanchâtres et noirâtres, ordinairement fort cristallins. Ce terrain est le prolongement de celui qui constitue les grandes montagnes de la rive droite du val Ferret, et dont je parlerai dans le massif des deux St-Bernard; il fait suite à celui du col de la Seigne et de Moutiers en Tarentaise. Il forme le **sommet de Pierre-à-Voir** qui se présente du côté du Valais avec l'aspect d'une tour, et qui est à 2476 mètres au-dessus du niveau de la mer [1]. On y montait par un escalier, qui n'était pas facile avant qu'on l'eût amélioré. Le sommet de la tour n'est pas large, et la vue y est fort belle.

Au delà de Pierre-à-Voir, le cipolin bréchiforme s'étend encore sur un grand espace; mais avant le col d'Établon le terrain change de nature; il devient de plus en plus noir, jusqu'au *schiste argileux (9)* tout à fait noir. Il est recouvert par des *grès du terrain houiller avec anthracite (9 bis)*, associés à des couches de quartzites *(10* et *11)* dirigées du N.-E. au S.-O. et plongeant de 50° au S.-E. Il est probable que ce quartzite est supérieur au terrain houiller, comme celui qui est voisin du Grand St-Bernard (col Fenêtre) et comme celui de la Maurienne. Je n'ai pu recueillir dans les schistes argileux de la mine d'anthracite aucune empreinte végétale bien caractérisée. On y voit cependant la matière blanche, micacée, qui donne tant de netteté et de brillant aux empreintes de la Tarentaise. Ce terrain houiller s'étend jusqu'à une petite crête remarquable, formée

[1] Carte fédérale, par erreur 2420 dans l'atlas.

de *cargneule* et de *gypse (12)*, qui se prolonge du col d'Établon jusqu'aux environs du village d'Iserable.

Au delà de cette crête, en cheminant toujours à l'E., on trouve un *calcaire blanc, schisteux*, peu épais, qui n'a pas été marqué sur la coupe; puis un schiste *argilo-talqueux (13* renfermant des taches rouges et alternant avec de vraies ardoises. A l'E. du col d'Établon, les schistes argilo-talqueux deviennent plus cristallins, et bientôt on arrive sur un vrai *schiste talqueux, cristallin (14)*, qui forme le Mont-Vacheret, dans lequel on exploite avec peine des mines de plomb argentifère.

La coupe que je viens de décrire (Pl. XXI, fig. 5) présente le plus grand rapport avec celle du Mont-Dolent au Grand St-Bernard (Pl. XXI, fig. 2); cependant il y a deux différences à signaler: 1° la couche fossifère de la Mayaz est oxfordienne, tandis qu'au Mont-Chemin elle paraît être liasique; 2° près du St-Bernard, la Pointe de Dronaz est composée d'une énorme masse de quartzite, qui est faiblement représentée au col d'Établon. Dans ces deux coupes on remarque qu'en partant du terrain de cristallisation de la chaîne du Mont-Blanc et de celui du Mont-Chemin, et en énumérant toutes les couches de sédiment qui s'appuient successivement sur eux, on arrive à un autre terrain cristallin qui recouvre toute la série et qui dans une des coupes est près du St-Bernard et dans l'autre au Mont-Vacheret. Il est évident que, dans la dernière, les roches ne sont pas superposées les unes aux autres, mais que la série est ascendante en partant du Mont-Chemin et descendante à partir d'un point de la coupe; mais où ce point est-il placé? Voilà ce qui me semble difficile à déterminer. Il existe certainement dans les terrains de cette coupe des plis ou des failles qu'on pourrait arriver à reconnaître, si chaque

formation présentait quelques fossiles ou quelques éléments de classification. Peut-être des études nouvelles montreront-elles qu'il y a dans ces montagnes une espèce de voûte plus ou moins irrégulière, dans les parties les plus jeunes de laquelle se classeront les schistes à bélemnites du Mont-Chemin, tandis que le terrain houiller se rangera dans les parties anciennes. Il ne faut pas oublier que la chaîne de Pierre-à-Voir est le prolongement lointain des couches du Perron-des-Encombres en Maurienne, dans lesquelles on a découvert tant de replis tortueux (Pl. XXV, fig. 1 et 4), qu'on ne se serait jamais douté de leur vraie structure, si la montagne n'avait présenté d'énormes escarpements où elles sont à découvert. Il est probable que les terrains compris entre le Mont-Chemin et le Mont-Vacheret présentent une structure analogue.

On observe dans le ruisseau qui descend des pâturages du col d'Établon à Saxon, un dépôt d'anthracite qui a été peu exploité; il est, je crois, bien supérieur au terrain houiller, et comme il se trouve dans le calcaire brèche et le cipolin *(8)* de Pierre-à-Voir, je le crois contemporain de ceux qui sont dans les montagnes de la rive droite du val Ferret. Le sentier que l'on suit pour descendre à Saxon traverse ce dernier terrain, et l'on y juge fort bien de sa grande épaisseur.

Au pied de la montagne de Pierre-à-Voir, et à peu près à l'extrémité N.-E. du grand massif de schistes cristallins qui termine la chaîne du Mont-Blanc, se trouve l'établissement de **Saxon**, dont l'un des buts est l'exploitation d'une source minérale des plus extraordinaires; elle a paru contenir parfois jusqu'à 16 °/₀ d'iode (ce qui est une quantité singulièrement forte), et dans d'autres moments elle n'en

contient pas. L'analyse de cette source a donné lieu à des travaux nombreux et à une vive discussion[1].

La source sort d'un schiste calcaréo-talqueux dont les couches ne sont pas en place, car elles sont dirigées du N. au S. La roche qui paraît renfermer l'iode est la cargneule située au-dessus de la source. M. Desor l'a examinée[2]. Il a remarqué que les cellules de la cargneule sont occupées par une substance iodurée, crayeuse, rose ou orangée, à laquelle il donne le nom de *Saxonite*. Cette cargneule a environ 40 pieds d'épaisseur; elle plonge au S. de 25 à 30° et recouvre les schistes cristallins. Elle est elle-même recouverte d'un calcaire gris schisteux. MM. Rivier et Fellenberg ont trouvé de l'iode dans cette roche jusqu'à un quart de lieue de la source et jusqu'à plusieurs centaines de pieds d'élévation. Il est probable que les eaux de pluie entraînent parfois la matière iodurée dans la source.

A demi-heure de Saxon, sur la route de Martigny, on trouve la dolomie grise recouvrant le gypse qui est un peu plus loin; ce gypse est associé à la cargneule, et ils reposent tous deux sur les schistes cristallins. Entre Charaz et Martigny on ne trouve que cette dernière roche.

Le grand massif des roches cristallines du Mont-Blanc, qui nous a si longuement occupé, se termine donc près de la source de Saxon en s'enfonçant sous des roches triasiques qui sont elles-mêmes recouvertes par les roches jurassiques.

[1] Voyez les travaux de M. P. Morin, *Bibl. Univ.*, 1844, LI, 139; *Archives*, 1853, XXIII, 44, et un mém. communiqué à la Société médicale de Genève, juin 1859. Ces travaux en font connaître d'autres: *Actes Soc. helvétique*, 1840, p. 241, etc. M. Girard a également donné quelques détails sur cette localité, *Wanderungen*, Halle, 1861.

[2] *Bull. Soc. de Neuchâtel*, 1853, III, 87.

IX. DE LA STRUCTURE EN ÉVENTAIL.

§ 590. — Les observations relatives à la structure en éventail du massif du Mont-Blanc, ont une grande importance; mais ces observations étant liées à celles qui se rapportent **à la stratification du gneiss et de la protogine,** je commencerai par invoquer, en faveur de la division des protogines en couches régulières, le témoignage de divers savants, lors même que mes recherches m'aient déjà souvent amené à la signaler.

Peut-être serait-il convenable de faire à ce sujet une distinction entre les vrais granits et les protogines. Ces deux roches ont un grand rapport : cependant on ne peut nier que la chaîne du Mont-Blanc n'ait un aspect différent des chaînes granitiques. Il semble que la stratification soit mieux marquée dans la protogine que dans le granit, et que dans la première de ces roches, elle ait contribué à la formation des aiguilles et des pics dont la chaîne des Alpes centrales est hérissée, tandis que souvent les vrais granits, tels que ceux des Vosges, ont des formes arrondies.

Quoi qu'il en soit, on verra par les citations suivantes que la stratification de la protogine a été bien réellement constatée.

De Saussure soutient dans un grand nombre de chapitres de ses *Voyages* que les roches granitiques sont stratifiées. On lit, par exemple, dans le paragraphe que j'ai cité à propos des tranches verticales de granit qu'on voit dans le Mont-Blanc, lorsqu'on le regarde du col du Géant : « Et comme ces tranches se montrent là de profil, « et coupées par des plans qui leur sont perpendiculaires,

« leur régularité, qui ne se dément nulle part dans le nombre immense que l'œil en saisit à la fois, ne permet pas de douter que ce ne soient de véritables couches. »

Dolomieu était de l'avis de ce savant : « De Saussure, et moi après lui, dit-il [1], nous avons très-bien reconnu (non pas dans un seul lieu, mais dans une infinité d'endroits où il ne pouvait point y avoir d'équivoque) que le granit, ainsi que toutes les autres roches primitives, est disposé en bancs ; que ces bancs affectent toutes les directions et toutes les situations entre la verticale et l'horizontale ; que dans les granits, ces bancs peuvent être tellement épais, qu'en ne montrant point leurs limites, ils ont pu faire illusion et laisser douter de leur existence. Nous avons bien pris soin de ne pas confondre des fentes avec des divisions de bancs. » Dans ce même travail, il dit encore : « J'ai très-bien reconnu que ces bancs presque verticaux, qui s'élèvent à plus de 2000 toises pour former les hautes cimes de la masse du Mont-Blanc, s'inclinent un peu, dans des sens opposés, contre les faces est et ouest de cette énorme protubérance, comme pour s'étayer mutuellement. » Si ce géologue célèbre était bon observateur, il nous paraît, dans cette occasion, moins habile théoricien, car il pense qu'un choc, frappant obliquement l'écorce du globe, est la cause de tous les dérangements des couches qui constituent les masses du Mont-Blanc et du Mont-Rose.

D'Aubuisson soutient que le granit est stratifié [2], et il range celui du Mont-Blanc dans la formation des schistes talqueux [3].

[1] *Journ. des Mines*, an VI, VII, 426.
[2] *Traité de géognosie*, 1834, II, 160.
[3] *Journ. des Mines*, 1811, XXIX, 328.

D'après **Brochant de Villiers**, ce même granit offre une transition si fréquente au schiste talqueux feldspathique, on trouve si souvent cette roche dans l'intérieur même des roches granitoïdes et avec le même mode de gisement, que « les roches granitoïdes du Mont-Blanc ne « peuvent plus être regardées comme des granits, » et ce savant croit pouvoir rapporter cette masse granitoïde aux terrains talqueux dont elle est la partie la plus centrale et la plus cristallisée. Un peu plus loin, il cherche à établir « le peu d'ancienneté relative des prétendus « granits du Mont-Blanc et des Hautes-Alpes, ainsi que « celle des terrains talqueux dont ils font partie[1]. » Au point de vue de l'ancienneté, Brochant n'avait pas tort; car il a été démontré que ces grandes masses sont arrivées au jour, en tout ou en partie, après le dépôt des terrains tertiaires moyens; mais il ne se doutait pas qu'elles fussent si jeunes.

M. **Necker** assure également que la protogine est toujours stratifiée[2].

Il est donc incontestable que des savants qui doivent une grande partie de leur juste réputation à l'art d'observer, ont reconnu que les roches granitiques, et en particulier les protogines, étaient stratifiées. Ayant moi-même vu cette stratification dans un grand nombre de localités, je me range entièrement à leur avis.

Occupons-nous maintenant de la **structure en éventail.** On déduit de la lecture des §§ 656, 705, 712, 1140, etc., des *Voyages dans les Alpes* de **de Saussure** le fait de la superposition des roches cristallines aux roches secondaires de la vallée de Chamonix; c'est un des

[1] *Minéralogie*, II, 565; *Ann. des Mines*, 1819, IV, 283, 299, 300.
[2] *Bibl. Univ. Sc. et Arts*, 1826, XXXIII, p. 66.

éléments de la structure dont je m'occupe. Quoique cet illustre savant ait nié la présence de cette même disposition sur le revers méridional du Mont-Blanc, en disant : « on « ne voit donc rien de ce côté de la chaîne qui réponde aux « couches renversées qui flanquent le côté septentrional[1], » cette structure a cependant semblé évidente à plus d'un observateur, comme nous le verrons plus loin.

La superposition des roches cristallines aux calcaires avait fait croire à **Bergmann**, et plus tard à **Bertrand**, que la dernière de ces roches était plus ancienne que la première[2].

Gimbernat, qui avait fait beaucoup d'excursions dans les Alpes, a donné en 1806 une coupe qui s'étend de l'Aiguille du Midi près du Mont-Blanc au Jura, en passant par Genève. La structure en éventail y est nettement figurée, non-seulement à l'Aiguille du Midi, qui pour lui représentait probablement l'ensemble de la chaîne du Mont-Blanc, mais encore dans la chaîne du Brévent[3] (Pl. XXII, fig. 1). J'ai reproduit cette coupe en la diminuant de moitié. Voici l'explication des numéros :

1, Terrain granitique ; 2, gneiss ; 3, Talkschiefer (schiste talqueux) ; 4, Hornblendschiefer (schiste amphibolique) ; 5, Kieselschiefer (schiste siliceux) ; 6, Grauwackenschiefer (grauwacke schisteuse) ; 7, Thonschiefer (schiste argileux) ; 8, Uebergangskalkstein (calcaire de transition) ; 9, Flœtzkalkstein (calcaire de transition) ; 10, grès ; 11, mollasse ; 12, argile ; 13, Schieferthon (argile schisteuse) ; 14, gypse ; 15, Nagelstein (nagelflue) ; 16, Anflössung (alluvion).

Dans ce même ouvrage, Gimbernat donne une autre

[1] *Voyages*, § 2048.
[2] *Journ. des Mines*, an VI, VII, 376.
[3] *Planos geognosticos que demuestruam la estructura de los Alpes de la Suiza* : Segun las observationes de Carlos Gimbernat. In-4°, 1806.

coupe du revers N. de la chaîne du Mont-Blanc prise à l'Aiguille d'Argentière, il y figure les couches plongeant sous cette montagne.

Ebel[1], deux ans après Gimbernat, publia aussi une coupe du Mont-Blanc; mais il n'indique pas la structure en éventail.

§ 591. — Plus tard, en 1824, **Marzari-Pencati**, qui a écrit quelques mémoires sur les Alpes, nous dit : « Il n'est donc pas possible d'éviter aujourd'hui la conséquence que « le granit de Chamouni est, avec l'intermédiaire d'une tran- « sition, superposé au calcaire secondaire, etc.[2] »

Necker[3], en 1828, a également décrit et figuré la position des couches qui forment le revers N. du Mont-Blanc (Pl. XXII, fig. 2). Il remarque, comme l'avait fait de Saussure, qu'au col de Balme et au Mont-Lacha les roches cristallines reposent sur celles de sédiment; il répond à une question faite par ce savant, en disant que ces roches de sédiment sont plus anciennes que la révolution qui a donné aux couches leur position actuelle. Mais, ayant probablement en vue ses belles observations sur les granits de Valorsine, il croit que la structure en éventail peut avoir été produite dans la chaîne du Mont-Blanc par un granit non stratifié, invisible. Depuis lors, quoique certaines recherches aient fait reconnaître la présence de quelques filons de granit dans cette chaîne, rien n'autorise à croire d'une manière positive à l'existence d'une *masse centrale granitique*, comme Necker la nommait. Si cette masse granitique n'est pas dans le Mont-Blanc, on ne peut supposer

[1] *Uber den Bau der Erde, etc.*, 1808.
[2] Férussac, *Bullet.*, 1825, VI, 166.
[3] *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, IV.

qu'elle soit sous la vallée de Chamonix, dont le sous-sol est calcaire.

M. J. Forbes, en 1843[1], a donné un dessin de la chaîne du Mont-Blanc (Pl. XXII, fig. 3) et a vérifié une partie des observations de de Saussure. Il a signalé le chemin qui conduit de Chamonix au Chapeau comme un endroit important pour l'étude de la superposition des roches cristallines aux roches calcaires, et il affirme avec raison que cet arrangement est très-visible. Mais il ne parle pas de la cargneule qui sépare ces deux ordres de terrains.

En 1848, je présentai à la Société helvétique, réunie à Soleure, des coupes du Mont-Blanc où figurait la structure en éventail. Je publiai également une coupe prise du Buet au Mont-Blanc[2]. On y voyait la plupart des détails que j'ai donnés sur la coupe des Aiguilles Rouges et sur le lambeau calcaire qui occupe le sommet de ces montagnes. J'ai expliqué dans mon mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie, comment M. le professeur Studer et moi, nous étions arrivés peu à peu à donner la coupe du Mont-Blanc telle qu'elle est figurée (Pl. XXII, fig. 4 et 5)[3]. Je ne reviendrai pas sur ce sujet[4].

[1] *Travels*, p. 63, 66, et *Topog. Sketch*, n° III.

[2] *Bibl. Univ. de Genève*, 1848, VII, 265, et *Bullet. Soc. géolog. de Fr.*, 1848, V, 260.

[3] La fig. 5 est tirée de mon *Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie*, 1859, p. 69; *a*=grès de Taviglianaz; *b*=calcaire nummulitique; *c*=craie et grès vert; *d*=calcaire à Rudistes; *e*=néocomien; 1ª=terrain jurassique; 1 =lias?; 2 =cargneule; 3 = schiste vert et rouge; 4 = couche d'ardoise peu importante, n'est pas figurée; 5 = grès arkose; 6 = terrain houiller; 7 = poudingue; 8 = schistes cristallins; 9 = protogine.

[4] Cependant je tiens à faire remarquer que le premier volume de la *Geologie der Schweiz*, qui renferme, p. 175, la coupe représentée (Pl. XXII, fig. 4), a été publié par M. Studer en 1851 et non, comme je l'avais dit, en 1853; cette dernière date est celle du second volume. Cette rectification a son importance. J'en citerai un exemple: en 1852, M. Ad. Schlagintweit a

§ 592. — M. **D. Sharpe**, après avoir fait des travaux remarquables en Angleterre sur la structure des masses cristallines et sur celle des terrains anciens, a voulu appliquer à la chaîne du Mont-Blanc les résultats de ses recherches, en expliquant la structure en éventail au moyen du clivage. Il a donné des coupes de cette chaîne dont j'ai déjà parlé à propos de ma course au col du Géant (§ 572). Je reproduis l'une d'elles (Pl. XXII, fig. 6). M. J. Forbes a spirituellement combattu les idées de M. Sharpe et a réuni beaucoup de faits sur ce sujet. Le général Portlock, président de la Société géologique de Londres, m'ayant fait l'honneur de me consulter relativement à ce débat, eut l'obligeance d'insérer dans son *Address* à cette société la lettre que je lui avais envoyée. Je soutenais la présence de la structure en éventail et le prolongement des couches de sédiment sous les roches cristallines, ce qui n'avait pas été admis par M. Sharpe.

Je rappellerai que M. **Constant Prévost** a soumis à la Société géologique de France quelques idées relatives à la structure en éventail [1]. M. **Sismonda** a reconnu un exemple de cette structure dans les montagnes voisines de Masserano et de Biella ; il l'a figuré dans ses observations pour servir à la formation de la carte géologique du Piémont [2]. Dernièrement, M. **Ebray** a cherché à démontrer que l'on attachait trop d'importance à cette structure [3].

L'ouvrage remarquable de M. **Studer** sur la géologie de

reproduit la coupe donnée par M. Studer dans un travail qui a pour titre *Ueber den geologischen Bau der Alpen*, broch. in-8°, Berlin 1852, et cette coupe figure encore dans l'atlas du grand ouvrage sur les Alpes de MM. Herm. et Ad. Schlagintweit.

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1849, VII, 52.

[2] *Mém. de l'Acad. royale de Turin*, Série 2, II.

[3] *Bull. Soc. géol. de France*, 1864, XXI, 89.

la Suisse, renferme un grand nombre de coupes attestant la superposition du granit ou du gneiss au calcaire, telle que nous l'avons trouvée au bas du glacier des Bois à Chamonix. Il contient des renseignements très-positifs sur la structure en éventail du Mont-Blanc (Pl. XXII, fig. 4). Je ne pense pas qu'aucun géologue ait fait autant que M. Studer pour arriver à la connaissance de ce trait particulier de la géologie des Alpes. Il l'a décrit dans les flancs du St-Gothard, sur ceux du Grimsel, dans le massif de la Selvretta[1], etc. Il a donné, dans sa *Géographie physique*, une coupe représentant la structure en éventail des massifs cristallins des Alpes[2]. Il a reconnu avec M. A. Escher que cette structure est générale, et il a développé cette idée dans un résumé fait en 1842[3]. Dans des travaux plus spéciaux, M. Studer a encore décrit la superposition du gneiss au calcaire, au Roththal dans les flancs de la Jungfrau[4], localité qui avait été précédemment visitée par Hugi[5], et que j'ai également parcourue. M. Studer a bien voulu conduire au Mettenberg près de Grindelwald MM. Mérian, Murchison et moi, et nous avons trouvé la superposition du gneiss au calcaire telle qu'il l'avait décrite[6]. Il l'avait encore constatée dans la vallée d'Urbach, non loin de Meyringen[7].

[1] *Geol. der Schweiz*, I, 178, 196, 270; *Mem. Soc. géol. de Fr.*, 1844, I, pl. XI.

[2] *Lehr. Phys. Geograph.*, 1847, p. 202.

[3] *Bibl. Univ.*, 1842, XXXVIII, 127. Ce travail, qui est un supplément à celui inséré dans le *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1836, VII, 225, est reproduit avec quelques modifications dans les *Nouvelles excursions et séjours dans les glaciers*, par M. Desor.

[4] *Geol. der Schweiz*, I, 178; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1831, II, 52, et 1846, IV, 208.

[5] *Alpenreisen*, 1830.

[6] *Lehrb. der Geol.*, 1847, 217; *Geol. der Schweiz*, II, 167; *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, IV, 208.

[7] *Geol. der Schweiz*, I, 186; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, déjà cité.

Après tous les détails contenus dans les travaux du savant professeur de Berne, on ne peut douter que la structure en éventail ne soit un fait général et ne se trouve dans tous les massifs des roches cristallines des Alpes suisses. M. Desor, voulant résumer l'orographie des Alpes d'une manière générale, a dessiné la coupe du St-Gothard, dans laquelle on voit deux massifs en éventail à côté l'un de l'autre [1].

§ 593. — Dans les Alpes du Dauphiné, M. **Élie de Beaumont** a reconnu sur plusieurs points la superposition des roches cristallines au calcaire [2]. Un des endroits curieux sous ce rapport est Villard d'Areine; il a été décrit par M. **Collegno** [3]. M. **Dausse** a signalé plusieurs localités de la chaîne des Grandes Rousses où cette superposition est évidente [4]. M. **Lory** est venu plus tard confirmer ces différents faits et en décrire d'autres, de telle sorte que l'on peut croire, comme je l'ai dit (§ 577), que la structure des deux revers du Mont-Blanc se prolonge dans les Alpes dauphinoises.

M. **Dufrénoy** a reconnu une superposition analogue à

[1] *De l'orographie des Alpes*, Neuchâtel, 1862. De Saussure avait vu à Guttanen (revers N. du Grimsel) que les couches s'appuient, comme à Chamonix, en dehors de la montagne (*Voyages*, § 1679). Cette observation, jointe à celle qu'il fit sur le revers S. du Grimsel (§ 1712) a prouvé que cette chaîne possède cette structure. Il avait fait des observations analogues sur le St-Gothard (§ 1821, 1847). Gimbernat l'a figurée dans une coupe remarquable du St-Gothard (*Planos geognosticos*, 1806). On la voit dans l'ouvrage de Ebel (*Ueber den Bau der Erde*, 1808). C. Escher l'avait également constatée et M. Lardy l'a encore tracée de la manière la plus intéressante, *Mém. Soc. helvétique des sc. nat.*, 1833, I.

[2] Montagnes de l'Oisans, *Mém. pour servir à une descript. géol. de la France*, 1834, II; *Bull. Soc. géol. de la Fr.*, 2e sér., XII, 567, et *Ann. des Mines*, 3e sér., V.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1835, VII, 63.

[4] *Mém. Soc. géol. de Fr.*, 1837, II, 125.

Firmy, département de l'Aveyron [1]; celle du Creusot a du rapport avec elle [2]. Dans les Pyrénées, Ramond fait connaître celle du mont Perdu; M. Marrot, celle du passage de France à Andorre [3]; et M. de Boucheporn a trouvé dans la Maladetta une structure semblable à celle que je viens d'indiquer dans les Alpes [4].

M. Morlot a donné des renseignements sur cette structure dans les Alpes orientales [5], et on la trouvera encore représentée dans la coupe de Passau à Duino de M. de Hauer.

Les roches cristallines de la plupart de ces localités sont au-dessus des roches de sédiment, sans que pour cela celles-ci soient plus anciennes que les premières. Il n'en est pas de même des gneiss associés aux micaschistes et aux schistes chloriteux, situés au-dessus des calcaires siluriens à fossiles observés en Écosse par M. Murchison [6]. Ce savant regarde ces gneiss comme plus récents que les couches du terrain silurien inférieur, et distincts du gneiss fondamental sur lequel les roches siluriennes reposent. Ce fait singulier n'est pas lié à la stratification en éventail; il n'est pas produit par un renversement des couches, tandis que la superposition par renversement n'est rare ni dans les Alpes, comme nous venons de le voir, ni dans les autres chaînes de montagnes. On la trouve souvent dans le Jura. Il n'est pas plus surprenant de rencontrer un gneiss sur un

[1] *Explicat. de la carte géologique de la France*, I, p. 171.
[2] *Id.*, p 662.
[3] *Ann. des Mines*, 1828, IV, 315.
[4] *Hist. de la terre*, pl. I.
[5] *Erläuterungen z. geol. Uebersicht der nordöst. Alpen*, 1847.
[6] *Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London*, août 1859, et mai 1860: par extrait: *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1860, L, 713, et *Archives*, 1860, IX, 364.

terrain jurassique, que de trouver ce dernier sur un terrain crétacé, ou un terrain crétacé recouvrant un terrain tertiaire. Ces superpositions anormales sont le résultat des dislocations ou ridements de l'écorce du globe, produits par la force qui a formé les inégalités de sa surface.

La structure en éventail est intimement liée avec la structure en éventail renversé ou en auge, qui occupe le fond des vallées, comme je l'ai déjà dit (§ 577), et comme le démontrent divers dessins de la planche XXII et la figure 1 de la planche XVIII, en sorte que le calcaire des Rafforts (Chamonix), est le prolongement latéral[1] de celui de la Côte du Piget, et que les couches calcaires du Mont-Fréty sont le prolongement latéral de celles du Mont-Chétif et de la montagne de la Saxe.

§ 594. — Comment peut-on expliquer cette structure si bien constatée en tant de points différents et si nettement dessinée dans la chaîne du Mont-Blanc? Pour jeter quelque jour sur **son origine**, il faut chercher à comprendre comment se sont formés les feuillets ou les couches qui divisent les énormes masses granitiques de cette montagne; et pourquoi ces couches ont pris la structure singulière que nous étudions. Passons en revue quelques-unes des **explications** qui ont été proposées.

De Saussure en donne une avec timidité, si je puis me servir de cette expression. Il compare la structure en éventail à ce qui se passe lorsqu'une ardoise d'une certaine épaisseur est plantée verticalement en terre. Peu à peu, les

[1] Le prolongement d'une couche en suit la direction, tandis que le *prolongement latéral* est perpendiculaire à la direction de la couche. Exemple : le calcaire de la Côte du Piget a pour prolongement celui du col de Balme et celui du Mont-Lacha; son prolongement latéral est le calcaire des Rafforts, celui du sommet des Aiguilles Rouges et celui du Buet.

intempéries de l'air exfolient la partie supérieure, et les feuillets qui se détachent les uns des autres finissent par surplomber au-dessus de la base qui, étant pressée par la terre où elle est enfoncée, n'a pu s'exfolier [1]. Mais ce n'est qu'une comparaison et non pas une explication.

Pour M. **Necker**, la cause qui a produit les profondes dépressions des lacs alpins, est la même que celle qui a donné aux montagnes leur structure en éventail, et il fait connaître sa pensée par les lignes suivantes. « La structure « remarquable de la stratification dans la chaîne centrale, « que j'ai exposée en peu de mots dans mon mémoire sur « la vallée de Valorsine, cette structure par laquelle les « couches de toute cette haute chaîne présentent l'aspect « d'un éventail, en plongeant de toute part contre le centre « de la chaîne, ne saurait s'expliquer qu'en supposant un « retrait éprouvé par la masse soulevante avec le redres- « sement des couches [2]. »

§ 595. — M. **de Buch** nous dit à propos des couches qui plongent dans l'intérieur des masses de porphyre pyroxénique qui paraissent les avoir soulevées : « Il est pos- « sible que la dilatation des masses pyroxéniques ait été « considérable lors de leur soulèvement, et leur contraction « lente et progressive peut avoir forcé les couches voisines « (celles qui étaient en contact immédiat avec les porphyres « pyroxéniques) à suivre le vide qui se formait peu à peu « et à s'incliner vers ce côté, c'est-à-dire vers l'intérieur de « la montagne [3]. »

On avait pensé à expliquer la structure en éventail du massif du Mont-Blanc par l'idée que les granits ou les

[1] *Voyages*, § 785.
[2] *Études géologiques dans les Alpes*, p. 137.
[3] *Ann. de chimie et de phys.*, XXIII, 286.

protogines ont augmenté de volume en cristallisant [1], ce qui, dans cette hypothèse, aurait dû déterminer une expansion plus grande dans les parties des roches situées au-dessus des vallées, que dans celles qui sont au-dessous du sol. Mais, comme le fait remarquer M. Élie de Beaumont [2], M. Bischof de Bonn a montré que les roches qu'on suppose éruptives, telles que le granit, au lieu de se dilater, éprouvent une contraction que M. Ch. Deville a pu mesurer [3]. M. Delesse [4] s'est également occupé de cette question, et loin d'admettre cette prétendue dilatation, il croit que le rayon terrestre a diminué par la formation des roches cristallines que nous voyons à la surface de la terre. Par conséquent, la dilatation du granit ne peut être la cause de la structure en éventail.

M. **Rogers** a consacré aux Alpes un chapitre de son bel ouvrage sur la géologie de la Pensylvanie [5]. Il y fait ressortir l'importance de la structure en éventail, il la décrit plutôt qu'il ne l'explique, et il la représente de la manière dont elle est dessinée (Pl. XXII, fig. 8). On y voit des roches ignées qui traversent des roches gneissiques et autres roches anciennes, et qui y ont déterminé une multitude de plis dont les axes plongent du côté de l'intérieur de la chaîne. L'idée est ingénieuse et curieuse ; mais il est difficile de comprendre comment ces roches ignées, qui ont une si faible puissance en comparaison de la masse des couches

[1] M. Gorini a basé une théorie de la terre sur cette idée, et sur le fait que quelques substances se dilatent en se solidifiant, et produisent ainsi des effets assez analogues aux volcans, *Sull'origine delle montagne e dei vulcani, studio esperimentale*, Lodi, 1851, 1 vol. in-8° ; *Archives*, 1852, XXI, 244.

[2] *Système de montagnes*, p. 1231.

[3] *Comptes rendus*, 1845, XX, 1453, et 1855, XL, 769.

[4] *Comptes rendus*, 1847, XXV, 545 ; *Archives*, 1847, VI, 112.

[5] *Edimbourg et Londres*, 1858, II, part. 2, p. 902.

traversées, ont pu déterminer tant de plis. Elles ne peuvent avoir été la cause de refoulements si grands; car si l'on développait les couches plissées, elles s'étendraient sur un espace bien plus considérable que celui qui est occupé par les roches ignées.

§ 596. — Au milieu de toutes ces ingénieuses hypothèses destinées à expliquer la structure en éventail, celle de M. **Lory** rend certainement mieux compte des faits qu'aucune autre. « Il faut, dit-il[1], supposer que, refoulées par « des pressions très-énergiques, les couches des terrains « cristallisés ont formé un pli très-saillant et ont été rom- « pues par l'excès de la courbure, comme nous le repré- « sentons (Pl. XXII, fig. 7). De cette manière, le granit (γ), « qui était situé dans les profondeurs de la terre, au-dessous « des schistes talqueux (γ'') et des gneiss (γ'), se montre « dans le centre de la rupture. Mais la chaîne ainsi produite « dominant toutes les autres, les parties supérieures des cou- « ches redressées ne subissent que de faibles pressions laté- « rales, tandis que les parties profondes de ces mêmes cou- « ches sont comprimées avec force par la réaction des plis « voisins moins saillants, par le refoulement général qui a « produit l'ensemble de ces plis. Alors les roches de la « chaîne principale éprouvent, au niveau de la base des « chaînes voisines, moins élevées, un *serrement* qui ne se « produit pas dans les parties culminantes de la même « chaîne; elles prennent en quelque sorte la disposition des « pailles d'une gerbe fortement serrée, comme nous le re- « présentons (Pl. XXII, fig. 10). »

Ces figures, copiées de l'ouvrage de M. Lory, où la lettre L désigne les calcaires du lias, représentent une chaîne voi-

[1] *Description géologique du Dauphiné, etc.*, 1860, p. 180.

sine d'Allevard, et non pas celle du Mont-Blanc; cependant elles ont assez d'analogie avec la coupe de ce dernier pour donner l'idée de l'origine de sa structure.

Grâce à M. Lory, la structure en éventail est donc expliquée. L'hypothèse faite par ce savant me paraît d'autant plus probable, qu'elle rapproche la structure des montagnes formées de roches cristallines de celle des montagnes composées de dépôts sédimentaires, paléozoïques, jurassiques ou crétacés. Il est vrai que dans ces dernières on voit plus souvent un demi-éventail qu'un éventail tout entier; par exemple aux Voirons (§ 258) où les roches anciennes reposent sur des plus récentes. Il en est ainsi sur le revers N. de la chaîne des Vergy au pied de la Dent de Jalouvre (Pl. IX, fig. 4 et 7) et sur le revers N. de la Pointe de Ballajou (Pl. X, fig. 9) où les couches nummulitiques plongent sous le terrain crétacé, et l'étage urgonien sous l'étage néocomien. A Cluses, sur le sentier de St-Sigismond, la craie plonge sous le grès vert et celui-ci sous le terrain urgonien (Pl. XIII, fig. 1 en *a* et fig. 4). Cette disposition des couches constitue un renversement sur le revers Nord d'une voûte qui a beaucoup d'analogie avec l'une des figures données par M. Lory. Enfin, en dehors des Alpes, le passage de la **Faucille** dans le Jura près de Genève, présente une structure très-voisine de la structure en éventail. Les couches de la base du monticule de Florimont au-dessus de Gex sont verticales et plongent même contre le Jura, et les couches voisines de Mijoux plongent également contre le pied de cette montagne, c'est-à-dire en sens inverse des premières[1].

[1] Explication des signes de la pl. XXII, fig. 14: *d. nacrée* = calcaire compacte à facettes miroitantes, ayant les caractères de la dalle nacrée et presque entièrement composé de Pentacrinites (*P. Nicoleti*, Des. : Descript.

§ 597. — Ces réflexions au sujet de la structure en éventail nous conduisent naturellement à quelques considérations sur l'origine des montagnes, qui ne peut s'expliquer par un **soulèvement.** Ce n'est pas dire cependant que les roches d'une cime élevée aient été déposées à la hauteur où elles sont maintenant. Il est évident qu'elles ont subi un exhaussement ; mais cet exhaussement ne peut être attribué à un soulèvement, c'est-à-dire à une force exerçant sa puissance de bas en haut, et voici pourquoi. Examinons une montagne ayant la forme d'une voûte sans rupture, et prenons pour exemple la montagne de Cluses (Pl. XIII, fig. 1) dont la coupe offre à peu près l'aspect de la fig. 11, Pl. XXII : on voit au centre des couches néocomiennes (*ne*) enveloppées de couches urgoniennes (*u*), flanquées par de la craie (*c*) et du gault (*g*). Considérons deux points, *a* et *b*, situés sur une même couche et supposons-les placés, après la formation des couches et avant celle de la montagne, comme ils le sont dans la figure 12. Il est évident qu'au moment où la montagne a pris la forme qu'elle a dans la figure 11, les couches pierreuses ne pouvant s'étirer, les points *a* et *b* ont dû se rapprocher. Si la force qui a exhaussé le sol s'était exercée de bas en haut, et que les points *x* et *y*, qui indiquent à peu près la position des lignes autour desquelles les masses minérales ont tourné, soit les *charnières* des couches, ne se fussent pas rapprochés, les

de Sainte-Croix, *Matériaux pour la paléontologie suisse*, et Études géolog. sur le Jura neuchâtelois, par MM. Desor et Gressly, *Mém. Soc. de Neuchâtel*, IV, 85) ; — *cal* = Étage callovien, fossilifère aux Creux de Brauveau ; — *oxf* = Étage oxfordien avec *Ammonites plicatilis* dans la partie inférieure et *A. Achilles* dans la partie supérieure ; — *co* = calcaire corallien ayant à sa base une couche de dolomie sableuse, *do* ; — *n* et *ne* = Étage néocomien ; — *a* = couches sableuses semblables à celles du terrain albien de la Perte du Rhône.

terrains de la figure 12 auraient pris nécessairement la forme de ceux de la figure 13, et il y aurait eu une rupture dans les couches. Mais dans les montagnes semblables à celle de la figure 11 où la rupture n'a pas eu lieu, il faut qu'il y ait eu un rapprochement entre les points *a* et *b* ou *x* et *y*. Dans ce cas, la force qui a rapproché ces points est celle qui a exhaussé le sol. Elle a produit un **refoulement latéral.**

En examinant certaines formes de montagnes, par exemple celle du mont Salève (Pl. III), celle du Brezon (Pl. IX, fig. 4), ou encore celle de Ballajou (Pl. X, fig. 9), on verra qu'on ne peut se rendre compte de leur formation qu'au moyen de cette hypothèse[1]. La chaîne du Mont-Blanc avec sa structure en éventail si nettement accusée me paraît avoir été formée de cette manière.

§ 598. — De Luc regardait chaque **aiguille** ou **pic** du massif du Mont-Blanc comme étant sorti séparément de l'intérieur de la terre[2]. Mais on a de la peine à comprendre comment tous les soulèvements locaux qui servent de base à cette hypothèse ont pu se faire, et les aiguilles paraissent être, au contraire, des restes ou des lambeaux de couches plus ou moins verticales, qui n'ont pas été emportés tandis que leur entourage a été entraîné. On trouve des dénudations semblables dans les montagnes de sédiment, et cette idée de grandes dénudations autour des plus hautes aiguilles des Alpes a déjà été soutenue par de Saussure[3] à propos de l'énorme pyramide du mont Cervin.

Mais si les aiguilles de Chamonix sont des couches ver-

[1] M. Boucheporn, *Hist. de la terre*, p. 75, s'est occupé à peu près de la même question pour les Pyrénées.

[2] *Mém. Soc. de phys.*, 1826, III, 192.

[3] *Voyages*, § 2244.

ticales qui ont résisté plus que leurs voisines, on ne peut admettre que les roches du Mont-Blanc soient sorties de terre dans un état de ramollissement plus grand que celui où se trouvaient les couches calcaires des chaînes secondaires des Alpes ou du Jura, lorsqu'elles ont pris les formes, quelquefois assez contournées, qu'elles présentent aujourd'hui. M. **Élie de Beaumont**, dans un travail célèbre sur les montagnes de l'Oisans, cherche cependant à établir que la roche primitive est sortie dans un état de mollesse ou de refroidissement imparfait, pour venir occuper la place où nous la voyons aujourd'hui. « Il est *parfaitement évident*, » dit-il, « que les roches granitiques observées en contact « avec les assises jurassiques, n'étaient pas complétement « réduites à l'état de masses froides et inertes, lorsque les « superpositions décrites ci-dessus se sont définitivement « opérées, » et ce savant attribue la texture des masses cristallines « à un mouvement intérieur que, malgré leur « solidité presque complète, les molécules y auraient « éprouvé pendant le laps de temps immense qu'a dû exi- « ger leur entier refroidissement [1]. »

Les avis sont partagés au sujet de la solidité ou de l'état de ramollissement de la protogine, et M. A. Burat a dernièrement exprimé l'idée que cette roche a été soulevée à l'état solide [2]. Je trouve encore à peu près la même opinion émise par M. **Delesse** : « La forme dentelée du granit « dans les Alpes et dans les Pyrénées, dit ce savant, dé- « montre même que cette roche a pu faire éruption à un « état très-voisin de l'état solide [3]. »

[1] *Mémoire pour servir à une descript. géologique de la France*, II, 411.

[2] *Excursion dans les Alpes françaises*, p. 10. Exemplaire à part tiré de la *Revue universelle de Liége*, 1863 ; *Archives*, 1864, XX, 56.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1858, XV, 775.

Il me paraît, en effet, bien difficile d'admettre que les granits du Mont-Blanc soient arrivés au jour dans un **état plus ou moins pâteux.** On ne doit pas oublier, en effet, que le Mont-Blanc, haut de 4810 mètres, s'élève à environ 3520 mètres au-dessus d'Entrèves et à 3760 mètres au-dessus de Chamonix, et que ces deux vallées ne sont séparées que par une distance d'environ 13500 mètres, ce qui donne une pente fort rapide pour les versants du Mont-Blanc. On voit cette disposition dans la Pl. XXII, fig. 9, qui est dessinée à l'échelle du $\frac{1}{50000}$e : le niveau de la mer y est représenté par une ligne horizontale, Chamonix est à 1050 mètres et Entrèves à 1290 mètres au-dessus de ce niveau ; *m* et *g* représentent la position du col de l'Aiguille du Midi et celle du col du Géant, élevés en moyenne de 3460 mètres au-dessus de la mer et distants de 5000 mètres. Les pentes *cm* et *eg* représentent les flancs du Mont-Blanc, et leur inclinaison est d'environ 30° ; la rapidité des pentes ressort également de l'inspection de la Pl. XVIII, fig. 1. Cette inclinaison serait plus grande si, au lieu de partir des cols, elle avait été mesurée du sommet de l'Aiguille du Géant et de celui de l'Aiguille du Midi, et ces deux points ont peut-être plus de droit à être choisis pour cette mesure, car ils sont les *témoins* de l'ancienne élévation de la chaîne du Mont-Blanc. Cette pente de 30° est à peu près celle des pentes gazonnées les plus rapides. Il est évident que des roches portées à une élévation aussi grande et soumises à une pression aussi énorme que celle de leur propre poids, se seraient affaissées en coulant plus ou moins, si elles n'avaient pas été solides. Or, nulle part dans les Alpes il n'y a de trace de coulées.

§ 599. — On peut donc conclure que les **roches étaient solides** à leur sortie de terre, et en cela je me range à

l'avis de plusieurs géologues dstingués. Mais je le répète : il est probable que la solidité des roches granitiques était analogue à celle des roches calcaires qui, tout en présentant un certain degré de rigidité, ont pu supporter des contournements sans se rompre. Cette donnée de la solidité des roches granitiques s'accorde complétement avec le peu d'altération que les roches de sédiment ont subi dans le voisinage du granit. Si donc les roches étaient solides, elles n'ont pu se diviser en couches depuis leur arrivée au jour. Il est donc probable que les couches ou feuillets étaient formés avant leur exhaussement.

§ 600. — On ne saurait supposer que ces couches, après avoir été déposées dans le fond d'une mer, de la même manière que les couches de sédiment ordinaires, aient été plus tard rendues cristallines par un changement survenu dans les éléments dont elles sont formées qui en a fait du quartz, du mica et du feldspath. On ne peut l'admettre, parce que nous ne connaissons pas d'action capable de produire de pareils effets, et lors même que nous la connaîtrions, il serait encore douteux qu'elle se fût exercée. parce qu'elle n'aurait pu changer totalement la nature de la roche sans effacer la division en couches, soit la stratification, qui subsiste encore : il faut donc trouver une autre origine à ces granits et à ces gneiss. Nous verrons plus loin les conséquences que nous pouvons déduire de cet ensemble d'observations et de réflexions.

X. RÉSUMÉ.

§ 601. — Parvenu au terme de cette longue description du massif du Mont-Blanc, je crois convenable de la résumer et de rappeler la succession des courses dans lesquelles le lecteur m'a accompagné. Nous sommes arrivés à Chamonix par la route la plus fréquentée, celle de Servoz, et commençant la description du massif du Mont-Blanc au passage des Montées, qui est en réalité dans la chaîne des Aiguilles Rouges, nous avons remonté la vallée de Chamonix au milieu des débris erratiques qui y ont été accumulés à différentes époques. Nous avons décrit la course du Montanvert (§ 498), localité vers laquelle sont attirés encore aujourd'hui les voyageurs qui pénètrent dans la vallée, comme l'avaient été, en 1741, les premiers visiteurs de cette singulière région. De là, après avoir parcouru la Mer de Glace, nous l'avons traversée pour aller, sur la route du Chapeau (§ 507), examiner les calcaires jurassiques qui plongent sous le terrain triasique et sous les schistes cristallins, et nous avons retrouvé les calcaires à la Côte du Piget.

Nous avons continué à suivre le revers N. du Mont-Blanc, tantôt par la vallée, tantôt par les hauteurs voisines de l'Aiguille Verte (§ 510) jusque dans les retraites sauvages du glacier du Trient (§ 515) au delà du col de Balme. Puis nous avons laissé le Mont-Blanc même, pour examiner le massif des Posettes (§ 516), remarquable par le développement du terrain houiller et du poudingue de Valorsine. La Forclaz (§ 526) avec ses calcaires et la montagne de l'Arpille avec ses gneiss, ses blocs erratiques énormes et ses calcaires ont également attiré notre attention.

De là nous sommes revenus à Chamonix pour suivre le revers N. du Mont-Blanc jusqu'au Prarion (§ 533), en visitant toutes les arêtes qui descendent du massif central, et en donnant des renseignements sur la région la plus élevée.

Les observations sur la vallée de Montjoie (§ 551), et en particulier sur sa rive droite, nous ont conduits jusqu'à Trelatête, à la Rosselette (§ 558), au col du Bon-Homme et au col de la Sauce (§ 561).

En franchissant le Bon-Homme, nous sommes arrivés au col des Fours (§ 563) et à celui de la Seigne (§ 566). L'Allée-Blanche (§ 567), le val Véni (§ 569), le Mont-Fréty, le col du Géant (§ 573), ainsi que les environs de Courmayeur (Mont-Chétif, § 576, et montagne de la Saxe, § 577), ont été décrits. Enfin, nous avons complété le tour du Mont-Blanc en poursuivant nos observations dans le val d'Entrèves (§ 578), dans le val Ferret (§ 580), dans la chaîne du Mont-Chemin dont la cime la plus élevée est Pierre-à-Voir (§ 589 *bis*), et dans la plaine près de Saxon, nous avons trouvé l'extrémité septentrionale du massif des schistes cristallins qui longent les flancs du Mont-Blanc.

§ 602. — Qu'avons-nous vu dans tout ce grand massif? Nous y avons reconnu une masse énorme de **protogine** formant la plus grande partie du Mont-Blanc. Elle n'occupe pas le centre du massif et n'est pas entourée de toutes parts de schistes cristallins, car ils manquent presque totalement sur le revers méridional de la chaîne, depuis la base du Mont-Peuteret jusque près de la Pointe d'Orny. Nous avons réussi à déterminer la limite de la protogine dans les régions supérieures du massif (§ 545); nous avons encore vu que cette roche est stratifiée (§§ 572, 579, etc.), qu'elle présente une structure en éventail (§ 590), et qu'elle a été exhaussée à l'état solide par un refoulement latéral comme

les terrains de sédiment; par conséquent, elle n'est point la cause de la formation du massif du Mont-Blanc, car elle n'a pas fait éruption; plus tard nous reviendrons encore sur ce sujet. La protogine est accompagnée d'un cortége nombreux d'autres masses cristallines, telles que des arkésines, des roches amphiboliques, des porphyres, etc., et l'ensemble de ces roches est souvent traversé par des filons granitiques; nous en avons signalé à l'Aiguille du Midi (§ 537), au glacier du Trient (§ 515) et de Saussure en a observé à la Para (§ 536).

§ 603. — Ces protogines sont encore accompagnées d'une multitude de roches dans lesquelles la cristallisation est plus ou moins bien développée, et qu'on range sous le nom générique de **schistes cristallins.** Ce sont: des gneiss micacés ou talqueux, des schistes talqueux, des schistes chloriteux, des dolérines, des spurines (§ 497), des tourmalites, etc. (§ 546). Ces schistes cristallins n'entourent pas complétement les protogines; quelques-uns d'entre eux ressemblent, à s'y méprendre, à des schistes du terrain houiller.

§ 604. — La présence du **terrain houiller** n'a pas été constatée d'une manière précise dans le massif du Mont-Blanc, quoique l'on y ait observé quelques roches renfermant du graphite; cette absence est remarquable, car cette formation devrait se trouver au-dessous du terrain jurassique, entre le terrain triasique et les schistes cristallins. Elle est très-développée près de là dans le massif des Posettes: le poudingue de Valorsine, célèbre depuis longtemps, s'y montre en grandes masses (§ 521); on y voit aussi des ardoises renfermant de nombreuses empreintes des végétaux de l'époque houillère. Le prolongement de ces roches passe au N.-E. par le Châtelard dans la vallée de Valorsine, par la vallée de Salvan jusqu'à Vernayaz dans la vallée du

Rhône (§ 483) et par d'Erbignon (§ 485), localité remarquable par la beauté des empreintes végétales qu'on y recueille. Du côté du S.-O., ce terrain se prolonge dessous la vallée de Chamonix et le long du flanc des Aiguilles Rouges jusqu'à la montagne du Fer, riche en végétaux fossiles (§ 456). Son affleurement passe ensuite à Colombe (§ 622) et va rejoindre les gîtes de la Tarentaise.

§ 605. — Le **terrain triasique** se montre dans un grand nombre de localités aux environs du Mont-Blanc. Il est formé de grès arkose, d'anhydrite, de gypse, de cargneule, de schiste rouge et peut-être de schiste argilo-talqueux et calcaréo-talqueux. Ces derniers paraissent plus développés dans les chaînes au S. du Mont-Blanc que dans le massif lui-même.

Un affleurement du terrain triasique fait le tour de la chaîne granitique, et se trouve en contact avec le gneiss, sans aucun intermédiaire appartenant avec certitude au terrain houiller. La cargneule en est la roche la plus commune; il se montre à la Forclaz (§ 526), au col de Balme (§ 514), à la Rosière (§ 510), au Biolet (§ 535), au Mont. au nant de la Gria (§ 548), au sommet du Mont-Lacha (§ 549), au col de Tricot (§ 554), au Trot (§ 556), aux granges de La Jat (§ 557), au Mont-Jovet (§ 565), au Tovasset, etc., ainsi que dans l'Allée-Blanche et le val Ferret. Cependant de ce côté le terrain triasique paraît être en contact moins immédiat avec la roche gneissique, et la dolomie y remplace quelquefois la cargneule. On peut conclure de ce que le terrain triasique enserre complétement le massif du Mont-Blanc, qu'il a certainement été déposé dans la place qui est occupée maintenant par les roches cristallines; c'est, au reste, ce que démontre l'examen de la Pl. XVIII, fig. 1.

§ 606. — Le **terrain jurassique,** composé en grande partie de schiste argileux noir et de calcaire de la même couleur contenant des bélemnites, entoure le massif du Mont-Blanc, en s'appuyant sur le terrain triasique dans tous les endroits où il n'y a pas de renversement. Ces deux terrains, et peut-être d'autres qui leur étaient supérieurs, formaient un vaste manteau qui recouvrait, avant l'exhaussement du Mont-Blanc, l'emplacement que ce colosse occupe de nos jours. Cet exhaussement a déchiré le manteau qui n'enveloppe plus que le pourtour de la montagne; on en voit les restes au col de Balme (§ 519), à la Côte du Piget (§ 508), au Mont-Lacha (§ 550), au Bon-Homme (§ 561) et au col des Fours (§ 563). Dans ces deux dernières localités, les *grès remarquables* de de Saussure sont très-développés: ils ont parfois une grande analogie avec les schistes cristallins. Je les avais pris pour le grès arkose du terrain triasique, avec lequel ils ont du rapport; mais ils appartiennent à l'étage de l'infra-lias, si les fossiles, du reste assez mal conservés, qui y ont été recueillis par MM. Lory et Vallet, ont été exactement déterminés. On voit encore le terrain jurassique au col de la Seigne (§ 566), au Mont-Chétif (§ 576), au Mont-Fréty (§ 572); il se trouve avec des bélemnites, à la montagne de la Saxe (§ 577); il se prolonge dans le val Ferret jusqu'au Mont-Chemin, où il renferme encore de grandes bélemnites (§ 589), et dans les montagnes au N. de la vallée du Rhône, en Valais. Mais dans le val Ferret nous avons signalé la montagne de la Mayaz, dont les couches jurassiques sont coralliennes (§ 580) et s'appuient sur la protogine du Mont-Blanc, tandis qu'au Mont-Chemin les couches jurassiques, voisines des schistes cristallins, semblent être liasiques.

La position de ce terrain jurassique autour de la grande

masse granitique est assez compliquée, mais fort régulière dans son ensemble. Après avoir plongé, dans une grande partie du pourtour du Mont-Blanc, au-dessous des schistes cristallins ou des protogines, les couches jurassiques sont repliées en forme d'auge au-dessous des vallées qui longent ce massif; mais au delà elles constituent, avec des roches d'un autre âge, des montagnes dont les couches sont régulièrement redressées contre la chaîne centrale sur tout le pourtour de celle-ci.

§ 607. — En indiquant cette disposition remarquable, je veux signaler la symétrie qui existe, non pas dans les terrains, mais dans les montagnes qui entourent le Mont-Blanc. Il est vrai que M. Sc. Gras[1] et Mgr. Rendu[2] ont fait ressortir le manque de régularité des deux versants du Mont-Blanc, d'après l'examen de la coupe prise de la plaine suisse à celle du Piémont; mais sur un espace moins étendu, on ne peut nier la symétrie des deux revers de la chaîne granitique. On voit d'abord, du côté du N., la chaîne jurassique du Buet (Pl. XVIII, fig. 1, § 473) recouverte aux Fiz (§ 425) par le terrain crétacé et par le terrain nummulitique. Elle s'élève au Buet à 3117 mètres et aux Fiz, à 3180 mètres au-dessus du niveau de la mer; les couches en sont redressées contre le Mont- Blanc. La chaîne de la Pointe Percée et du mont Charvin (§§ 389 et 402), située plus à l'O., en est le prolongement; mais elle est plus éloignée de la chaîne centrale, parce que la dénudation qui a enlevé les terrains crétacés a été plus large dans la vallée de Mégève que près des Fiz; toutefois ces montagnes sont composées des mêmes formations, qui se relèvent de la même manière contre la masse centrale. Cette longue chaîne fait le pen-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1844, I, 724.
[2] *Ibid.*, I, 751.

dant de celle qui, au S. du Mont-Blanc, s'élève, au Cramont, à 2778 mètres au-dessus du niveau de la mer. A la base des Fiz, la vallée de la Dioza correspond à la dépression qui est sur le revers Nord du Cramont, et qui a son prolongement au N.-E. de Courmayeur. Sur le revers N., la chaîne cristalline des Aiguilles Rouges correspond à la montagne de la Saxe et au Mont-Chétif situés sur le revers S. L'une des Aiguilles Rouges est couronnée par un lambeau de terrain jurassique (§ 468), et l'on a trouvé une bélemnite sur la montagne de la Saxe (§ 577). Enfin, au pied septentrional comme au pied méridional du Mont-Blanc même, les deux vallées sont formées de couches calcaires, recourbées en forme d'auge, dont les bords plongent sous les couches cristallines des montagnes dont ils font partie. Il y a donc une grande symétrie dans la disposition des masses qui entourent le Mont-Blanc.

§ 608. — Enfin, nous arrivons au terrain erratique, la dernière des formations dont nous ayons à parler dans ce résumé. Pour comprendre la grandeur de la masse des débris arrachés au Mont-Blanc, il ne faut pas borner son examen aux environs immédiats de cette montagne, mais l'étendre à quelques lieues de distance. Nous trouvons des dépôts erratiques considérables : dans la vallée de Chamonix, à Argentière, aux Tines, aux Montées ; dans la vallée de Montjoie, depuis le col du Bon-Homme jusqu'à Combloux ; dans l'Allée-Blanche et dans le val d'Entrèves où les moraines sont fort puissantes ; dans le val Ferret où les dépôts de la Folie, de Saleinoz, de Plein-y-bœuf et de l'Arpille (§ 94) attestent un transport gigantesque ; ce terrain erratique est encore remarquablement développé dans les vallées situées aux extrémités du massif, celles de Trient, et de Valorsine au N., celles de Beaufort et du Bourg

St-Maurice au S.; et cependant ces dépôts, quelques grands qu'ils soient, sont peu de chose en comparaison de ceux qui se sont faits du commencement à la fin de la longue époque glaciaire, et qui sont arrivés : 1° par la vallée de l'Arve au Salève, au Jura, etc.; 2° par la vallée du Rhône à Monthey et dans une partie de la plaine suisse jusqu'aux environs de Soleure; 3° par la vallée de la Doire dans la plaine du Piémont, à l'entrée de laquelle se trouve la moraine de la Serra, haute de 650 mètres au-dessus de la Doire et éloignée du Mont-Blanc de 90 kilomètres.

Mais ce n'est pas tout : il est probable que tous les blocs erratiques rassemblés, formeraient une petite masse en comparaison de celle qui résulterait de la réunion des cailloux, des boues fluviatiles ou des limons glaciaires qui ont été emmenés à des distances plus considérables encore. Il est évident que la présence, dans les environs de Lyon, d'un seul bloc granitique provenant des Alpes, ou celle d'un seul caillou de quartz sorti de cette même région, et situé dans les plaines de la France, atteste une force de transport, qui a dû charrier des quantités énormes de matériaux moins pesants que le bloc ou le caillou dont je viens de parler. Or, des matériaux alpins plus ou moins volumineux se trouvant en abondance dans les plaines qui entourent les Alpes, on peut en conclure que des éléments plus ténus ont été transportés au delà en quantité bien plus considérable encore, et que si l'on pouvait les réunir, ils formeraient une masse énorme.

§ 609. — On est conduit, par cet ensemble de faits, à conclure que **le massif du Mont-Blanc a été jadis beaucoup plus élevé** qu'il ne l'est maintenant; je dirai même qu'il est impossible que ce massif n'ait pas été, dans son ensemble, plus grand que de nos jours. Cette conclu-

sion est étayée par diverses considérations tirées : 1° des observations que de Saussure a faites au col du Géant sur la dégradation continuelle des montagnes (§ 574) et sur des observations semblables que j'ai faites moi-même (§§ 539 et 585) ; 2° de l'aspect corrodé des parties supérieures du massif, où les aiguilles actuelles sont évidemment des *témoins* de l'ancienne élévation de la masse totale, de même que le lambeau calcaire du sommet de l'Aiguille Rouge est un témoin de l'ancien manteau qui la recouvrait (§ 468) ; 3° de la démonstration donnée plus loin (§ 659) relativement à l'ancienne élévation de certaines parties des chaînes de montagnes ; 4° de l'explication de M. Lory sur l'origine de la structure en éventail (§ 596).

Mais dans quelles limites le massif du Mont-Blanc était-il plus élevé que maintenant ? C'est un problème difficile à résoudre, par suite de diverses circonstances et surtout par le fait, que nous ne savons pas si la montagne avait anciennement une hauteur uniforme ou si elle présentait, comme aujourd'hui, un point culminant. Les Aiguilles Rouges, avons-nous vu (§ 486), ont été recouvertes d'une épaisseur de 1250 mètres de roches sédimentaires, qui ont été presque totalement enlevées. Il est probable que ces mêmes terrains se sont étendus sur le Mont-Blanc : c'est au moins un fait démontré pour le terrain triasique et pour le terrain jurassique qui occupent une partie des flancs de la montagne, et qu'on peut admettre également pour la formation crétacée et pour la formation nummulitique. Nous pouvons donc croire que le massif du Mont-Blanc était de 1250 mètres environ plus haut que maintenant. Cette couche ayant été enlevée sur toute la surface, le produit de cette **dénudation** s'élève à environ 330 kilomètres cubes, car la surface du Mont-Blanc est de 27 kilo-

mètres de longueur sur 10 kilomètres de largeur environ. Ce chiffre de 335 kilomètres cubes ne peut être regardé que comme un minimum, parce qu'il est évident que des masses considérables de roches cristallines ont été emportées (les blocs erratiques en font foi), et nous n'en avons pas tenu compte.

CHAPITRE XXIV[1]

MASSIF DE MÉGÈVE ET DE HAUTELUCE

Limites. Structure du sol. Dénudations. Trias, § 610. — Chaîne de la Pointe Percée au mont Charvin. Ordre suivi, 611. — De Sallanches à Mégève, 612. — Flumet, trias, Crêt-Volant, 613. — Les Aravis, terrain crétacé, 614. — Héry, anthracite. Bange, poudingue d'Ugine, 615. Les Mollières, trias. Coupe du mont Charvin, 616. — La Forclaz. Coupe au moulin de Barbe près d'Albertville, 617.

St-Gervais-les-Bains, Trias, 618. — Le Mont-Joli, terrain jurassique, 619. — St-Nicolas de Véroce. Baptieux. N.-D. de la Gorge, 620. — Du Mont-Joli au col Joli ; coupe. Grès de la Grande-Pierrière, 621. — Grès des Floriers. Colombat en Empulant ou Colombe, terrain houiller, fossiles, coupe. Lac de la Girottaz, 622.—Vallée de Hauteluce. Beaufort, 623. — Granit de Beaufort, mines, 624.

De Beaufort à Albertville, 625. — De Beaufort à Roselen, le Célestet ou Fontanu, anthracite triasique ? Beaubois, 626. — Roselen, Rocher du Vent. Cormet, 627.—Course à la Giettaz, aux Nasaux et à Beaufort. Le massif du Mont-Blanc est séparé de celui de Beaufort. Coupe, 628.

§ 610. — Ce massif est limité au N., près de St-Gervais et de Sallanches, par l'Arve; à l'O., par la chaîne de la Pointe Percée et du mont Charvin et par le cours de l'Arly jusqu'à Albertville ; au S., par la route qui conduit de cette ville à Beaufort, à Roselen et au Plan-de-l'Allée; à l'E. par le cours du Bon-Nant dans la vallée de Montjoie, la Rosselette, les rochers des Bancs près du col du Bon-Homme et le Rocher du Vent près de Roselen.

Ce district renferme quelques sommités assez élevées : le Mont-Joli (2540 mètres); les montagnes au N.-E. de

[1] C'est par erreur qu'à la p. 42 du tome II, on a cité le chap. XXIV ; voyez le chap. XXV.

Beaufort et celles qui sont voisines du Bon-Homme; il comprend toute la vallée de Mégève et ses ramifications, ainsi que celle de Hauteluce, la rive droite du Doron et la rive gauche de la vallée de Montjoie. Dans un grand nombre de coupes, on verra à la base les schistes cristallins, à la partie supérieure le terrain jurassique, et dans la partie moyenne, des représentants du terrain triasique et quelquefois ceux du terrain houiller.

La portion septentrionale du massif est occupée, en grande partie, par le **terrain jurassique**; il constitue de grandes collines et des montagnes qui doivent leurs formes arrondies à la friabilité et aux éboulements des schistes argileux noirs dont elles sont composées; les couches calcaires n'y jouent pas un grand rôle. Ce terrain est le prolongement de celui qui forme la base du massif des Fiz et, en particulier, de celui de la cascade de l'Arpennaz, dont les couches sont tellement plissées que l'on ne peut en saisir la structure, lors même qu'elles sont à découvert (§ 408). Ces mêmes couches sont enfouies dans les montagnes des environs de Mégève, où elles sont couvertes de pâturages et de terrains *formés sur les pentes* de telle sorte qu'il n'est pas possible de discerner la structure de ce grand massif jurassique. Toutefois on peut affirmer que les couches du terrain jurassique sortent de dessous les terrains crétacés de la chaîne de la Pointe Percée et du massif des Fiz pour s'appuyer à l'E. sur le terrain triasique, lequel est en contact tantôt avec le terrain houiller, tantôt avec les schistes cristallins. C'est ce que j'ai voulu représenter d'une manière générale dans la Pl. XXIII, fig. 1; elle ne donne la configuration du sol que très-approximativement, et les contournements des couches n'y sont pas figurés. J'ai préféré les supprimer plutôt que de les tracer d'une manière imagi-

naire. Dans cette figure, les signes employés sont les suivants :

u = Terrain urgonien; *né* = T. néocomien ; *ox* = T. oxfordien (?) ; *j* = Divers étages jurassiques ; *L* = Étages du lias (?) ; *ca* = Cargneule triasique ; *ak* = Grès arkose ; *q* = Quartzite ; *s* = Schistes cristallins.

Les **dénudations,** dans ce district, ont produit deux sortes d'effets : 1° Elles ont enlevé le terrain triasique et le terrain jurassique sur un petit espace ; il en est résulté un vide qui laisse voir les schistes cristallins. 2° Elles ont laissé des lambeaux isolés de terrain triasique ou de terrain jurassique qui font saillie à la surface des schistes cristallins (environs de Crêt-Volant), et qui sont des témoins de la masse énorme des roches emportées.

Du côté de la vallée de l'Arve, les schistes argileux noirs qui forment la plus grande partie de ce district, et dont on aura une idée juste en allant visiter les Horreurs de la Frasse près de Sallanches [1], sont percés en trois endroits par des affleurements de gypse triasique : à Domency, à Vervay et à St-Gervais, et sont parfois recouverts de beaucoup de débris erratiques (gravier, glaise et blocs).

§ 611. — Sur le versant S.-E. de la grande chaîne **de la Pointe Percée au mont Charvin,** le terrain néocomien recouvre le terrain jurassique. Je n'ai pas vu de fossiles pouvant fixer l'âge des assises supérieures de ce dernier : elles sont vraisemblablement le prolongement des couches oxfordiennes de Talloires, sur les bords du lac d'Annecy (§ 378) ; un *Aptychus lamellosus*, recueilli près du col des Aravis, et les fossiles des environs de Magland (§ 408) indiquent qu'elles appartiennent au terrain jurassique supérieur ou moyen.

[1] M. Tingry a donné une analyse de ces schistes. *Mém. de l'Acad. d Turin*, 1786.

Au-dessous vient une énorme épaisseur de schistes argileux noirs contenant peu de fossiles. Il n'y en a pas qui caractérisent le lias, et j'ai été, je l'avoue, très-hésitant sur la manière dont je colorierais ces roches sur ma carte. Je me suis décidé à les représenter avec la couleur du lias, pour me conformer aux travaux de mes prédécesseurs et pour les raisons que j'ai données (§ 486).

Je commencerai la description du massif qui nous occupe par les environs de Mégève ; je passerai ensuite à ceux de Flumet ; à ceux de la Giettaz au pied des Aravis, à ceux de Crêt-Volant et de Bellecombe, d'Héry, d'Ugine et d'Albertville. De là je reviendrai à St-Gervais dans la vallée de l'Arve pour suivre la rive gauche du Bon-Nant en passant par le sommet du Mont-Joli. Je dirai quelques mots des environs des Contamines, du col Joli, et je décrirai les environs de Colombe, la vallée de Hauteluce, la route de Beaufort à Albertville, celle de Beaufort à Roselen, et je conduirai le lecteur à la Giettaz, pas loin du Bon-Homme, pour revenir à Beaufort par la rive droite du Doron.

§ 612. — Lorsque de **Sallanches** on va à **Mégève** (1115 mètres), on gravit par une pente douce des collines de schistes argileux délités, recouvertes d'une énorme quantité de débris erratiques ; ceux-ci constituent un dépôt des plus remarquables, non loin de la route, dans les environs du village de Combloux (§ 127). Entre le hameau de Vauvray et celui de Berthelet, le terrain change de nature : les schistes argileux jurassiques viennent à manquer, et l'on marche sur des schistes cristallins en feuillets dirigés du N. au S., qui sont à découvert jusqu'au grand talus de déjection du torrent de Cassioz, à l'O. de Mégève. Les flancs de cette dénudation sont occupés par le *grès arkose* (*ak*, Pl. XXIII, fig. 1) très-caractérisé, associé quelque-

fois à une roche amphibolique bizarre (comme au Bon-Homme). Dans quelques endroits, la *cargneule* (*ca*) n'est pas visible, parce qu'elle est masquée par des éboulements; cependant elle se trouve entre le grès arkose et le terrain jurassique dans la plus grande partie du pourtour de la dénudation. Elle se montre au-dessus des Frassettes, et elle est associée au gypse près du pont de Mavarin et dans le ravin de Varnis. C'est dans cette dénudation, dont le fond constitue une plaine presque horizontale un peu au N.-E. de Mégève, que se trouve le partage entre les eaux qui se jettent dans l'Arve et celles qui se jettent dans l'Isère.

§ 613. — Du village des Praz à l'O. de Mégève, on chemine dans une plaine occupée par des alluvions, et le long de collines à contours arrondis dont les flancs sont couverts de terrains *formés sur les pentes.* Le Mont-Joli seul est escarpé. Au Pantieu l'on rencontre de nouveau dans le terrain jurassique une dénudation qui laisse apparaître la cargneule; cette roche s'étend jusqu'à Flumet (910 mètres) et le grès arkose se voit dans la partie S. de ce village. La meilleure coupe des terrains de cette localité est celle qu'on observe dans le ravin qu'il faut traverser pour aller de **Flumet** à **Bellecombe**, hameau bâti sur le grès arkose. Je reproduis (Pl. XXIII, fig. 2) le dessin que j'ai déjà publié il y a quelques années [1]. On y voit :

1. Terrain jurassique (*L*), à une certaine distance de Flumet.

2. Cargneule (*ca*), renfermant près de Bellecombe un calcaire magnésien, blanc, schisteux et talqueux.

3. Je n'ai pu reconnaître la présence du schiste argilo-

[1] Cette figure semble indiquer le terrain jurassique plus près de Flumet qu'il ne l'est réellement. Voy. aussi: de Mortillet, *Géol. et Minéral. de la Savoie*, § 109.

ferrugineux, rouge et vert, qui se trouve ordinairement dans cette position, et je vois dans l'ouvrage de M. Studer[1] que, si je diffère de ce savant relativement à la succession des couches, je suis d'accord avec lui sur l'absence de cette roche.

4. Grès arkose (*ak*), mieux développé ici que partout ailleurs. Il contient, dans les environs de Flumet, des cailloux de quartz blanc et rose ayant jusqu'à six pouces de diamètre, en général peu roulés et cimentés par un grès verdâtre assez fin ou par un ciment siliceux. Cette roche est probablement celle que M. de Mortillet classe dans le terrain anthracifère[2].

5. Schistes cristallins, couleur lie de vin (*s*), semblables à ceux du Buet, en couches verticales, dirigées du N. 40° E. au S. 40° O.

Ces diverses roches se voient sur les bords des ruisseaux des environs de Bellecombe. L'enlèvement des terrains, qui a eu lieu sur une grande échelle, a donné à leurs affleurements une forme bizarre que j'ai tracée sur ma carte.

La figure 3, Pl. XXIII, qui porte les mêmes signes que la figure 2 (§ 610), représente une coupe théorique des **dénudations** de ces terrains, que j'ai prise en allant d'Albertville à la Crête du Paschion, à la montagne de Bisane, à la chapelle de Sésiaz et à Crêt-Volant, d'où je gagnais Héry, puis Ugine en franchissant l'immense ravin où coule l'Arly.

§ 614. — De Flumet on peut facilement aller à Bonneville en passant le **col des Aravis** qui est peu élevé (1479 mètres). Jusqu'au-dessus du triste hameau de la Giettaz on chemine dans les schistes argileux noirs juras-

[1] *Geol. der Schweiz*, II, 141.
[2] *Géol. et Minéral. de la Savoie*, § 143.

siques renfermant quelques rares bélemnites. Entre la Giettaz et la montagne de Cordon, j'ai ramassé une *Ammonites Parkinsoni*, Sow., de l'*étage bajocien*.

Des **contournements** fort remarquables se voient dans les roches situées à peu près au S.-O. de la Giettaz. Ce sont des calcaires en couches minces qui ressemblent à des rubans plissés. Je ne pense pas que ces plis atteignent les couches crétacées, et je crois encore, comme je l'ai dit [1], qu'ils sont le prolongement des contournements du nant d'Arpennaz (§ 408), des Faucilles du Chantet (§ 427), du Fond de la Combe dans la vallée de Sixt et de la Dent de Dailly près de Lavey. Sur la ligne à peu près droite qui passe par ces localités, on trouve encore, du côté du S.-O., les contournements qui dominent le village de Grésy en aval d'Albertville, sur les bords de l'Isère. Au-dessus des couches contournées du passage des Aravis, on observe des schistes ardoisiers calcaires avec des veines spathiques et quartzeuses. Plus haut encore, un calcaire gris à la surface, et noir à l'intérieur est traversé par les mêmes veines. C'est probablement dans ce calcaire que M. de Mortillet a recueilli l'*Aptychus lamellosus* caractérisant l'*étage oxfordien* [2].

Au-dessus on trouve le *terrain néocomien*, reconnaissable à son aspect roussâtre lorsqu'il est un peu décomposé; il est redressé d'environ 40° au S.-E. Puis l'énorme masse du *calcaire gris urgonien* s'élève sous forme de pointes à droite et à gauche du passage; du côté de la Clusaz, il supporte une couche de *terrain albien*, remplie de fossiles, que l'on peut observer à une certaine hauteur des deux côtés du sentier (§ 395).

§ 615. — D'après M. de Mortillet, après avoir passé le

[1] *Bull. Soc. géol. de France*, 1847, IV, 996.
[2] *Géol. et Min.*, § 195.

Flon entre Flumet et Héry, on trouve, au sommet de la montée, des schistes noirâtres contenant des empreintes de plantes et des *calamites*. Près d'Héry on a découvert des indices d'anthracite. C'est aussi sur les rives du Flon que l'on trouve, pour la première fois en venant de Mégève, les traces du poudingue ou de la brèche exploitée à Bange près d'Ugine, et qui, de même que le poudingue de Valorsine, paraît appartenir au terrain houiller. D'après M. de Mortillet, ce terrain se prolonge entre Albertville et Aiguebelle dans la vallée de l'Isère.

Le village d'Héry est pittoresquement adossé à des collines qui s'élèvent très-haut du côté du mont Charvin, et il est au bord d'un ravin très-profond, creusé en grande partie par l'Arly. Il faut que certains schistes cristallins présentent peu de résistance à l'érosion des eaux des torrents, car nous voyons dans cette région des Alpes plusieurs cours d'eau remarquablement encaissés et coulant sur des schistes cristallins, tels sont : le Trient, la Dioza, l'Arly et le Doron (vallée de Hauteluce).

Au-dessus du village d'Héry, on voit des surfaces striées par les glaciers et du grès arkose recouvert par de la cargneule, du gypse et une dolomie jaunâtre dont les couches sont dirigées du N. 25° E. au S. 25° O.

A environ une heure et demie au-dessus d'Ugine, sur la route d'Héry, on exploite à Bange des meules de moulin dans une brèche formée de fragments de quartz et de schistes cristallins, analogues au gneiss ou au micaschiste, empâtés dans un schiste argilo-ferrugineux dont la teinte est souvent rougeâtre. On voit aussi un grès verdâtre qui offre quelque ressemblance avec la mollasse, quoiqu'il en diffère par l'âge. Les couches sont dirigées du N.-E. au S.-O. environ et se relèvent au N.-O. Il n'y a pas de fortes

raisons pour associer la roche de Bange, connue sous le nom de **poudingue d'Ugine,** au poudingue de Valorsine ; cependant il se peut qu'elle appartienne à l'époque carbonifère. M. Élie de Beaumont ne la classe pas de cette manière, mais il la réunit à la roche de Valorsine, lorsqu'il dit[1] : « Dans la plus grande partie du contour de la vaste « *boutonnière* (§ 688) qui laisse paraître au jour la chaîne « primitive .... les premières assises secondaires pré- « sentent un grès à grain plus ou moins grossier, passant « à un poudingue, dont les poudingues de Valorsine, de « Trient, d'Ugine, d'Allevard, de la Ferrière, les grès à an- « thracite des environs de la Motte et du Valbonnais, et les « grès de Petit-Cœur, sont des exemples particuliers. »

La surface de ce poudingue a nettement conservé la forme moutonnée qui lui a été donnée par les anciens glaciers. Ce terrain est recouvert à l'O. par des calcaires et des schistes argileux jurassiques, dont les couches plongent quelque peu au N.-O. et vont s'enfoncer, après plusieurs ondulations, sous la grande chaîne du mont Charvin.

§ 616. — Toutes ces roches s'observent facilement à l'endroit nommé **les Mollières, près d'Ugine.** Là, au bord du torrent qui coule dans un ravin très-encaissé, l'on voit la partie inférieure de la coupe représentée Pl. XXIII, fig. 4[2] :

1. Terrain jurassique ou schiste argileux, clivé dans des sens divers, ayant une énorme épaisseur.
2. Cargneule (*ca*) en grande masse, avec des dolomies.
3. Grès arkose (*ak*), contenant des quartz roses.

[1] *Ann. des Sc. nat.* 1828, XV, 354.

[2] L'explication des signes de la partie supérieure de la coupe est la suivante : *nu* = terrain nummulitique ; *cr* = craie ; *a* = terrain albien ; *u* = terrain urgonien ; *né* = terrain néocomien.

4. Brèche ou poudingue gris ou rouge (*p*), semblable à la roche de Bange dont je viens de parler.

5. Schistes cristallins (*s*), rougeâtres et luisants.

Dans certains points de la coupe le poudingue (*p*) est associé aux schistes cristallins rougeâtres, et semble faire partie de cette formation qui occupe une énorme étendue dans ces montagnes. Cette association pourrait faire croire que ces schistes cristallins sont compris dans les terrains sédimentaires ; cependant ils ne ressemblent pas au terrain houiller des Alpes et ne renferment aucun gisement de combustible. Peut-être constituent-ils un étage inférieur de cette formation ou appartiennent-ils à un autre terrain paléozoïque ? Mais quoiqu'ils aient beaucoup de rapport dans leurs caractères minéralogiques avec certains schistes siluriens d'Angleterre, nous ne pouvons faire sur ce sujet que des suppositions. Il est encore possible que ces schistes rougeâtres soient, en Savoie, l'équivalent de la formation paléozoïque que M. Théobald a nommée dans les Grisons *schistes de Casanna* [1].

Aux Mollières, l'Arly coule sur la couche de cargneule, et la suit jusqu'à Albertville à en juger par la Pl. XXIII, fig. 8, que je vais décrire.

§ 617. — L'extrémité méridionale des montagnes situées sur la **rive gauche de l'Arly** s'avance jusque près d'Albertville. Elle est presque entièrement composée du micaschiste rouge lie de vin, dont je viens de parler, et dont les couches sont dirigées, en général, du N. 25° E. au S. 25 O., malgré certains dérangements assez considérables qui leur donnent parfois la direction du N. 70° E. au S. 70° O. Les

[1] Engadine inférieure. Esquisse géognostique. *Mém. Soc. helvétiq. de Sc. nat.*, 1860, XII, 564, et les publications de la Commission de la carte géologique de la Suisse.

parties basses de ces montagnes, situées entre l'Arly et le Doron sont très-boisées et les roches difficiles à voir; mais dans les hauteurs la cargneule et le grès arkose affleurent sur plusieurs points de la crête du côté de la vallée du Doron. Les blocs erratiques sont nombreux vers le passage de la Forclaz.

Près d'Albertville, au **moulin de Barbe** situé sur la rive gauche de l'Arly et en face du village de Pallud, j'ai observé la coupe suivante (Pl. XXIII, fig. 8) dont j'ai déjà parlé (§ 386), mais que je reproduis ici, parce qu'elle est un bon type de la composition d'une grande partie des montagnes qui sont décrites dans ce chapitre : *micaschiste ou gneiss rouge* (*S*); *grès arkose* (*ak*) avec des cailloux de quartz rose, les couches plongent au N.-O.; *schiste argilo-ferrugineux rouge et vert* (*ar*), dont la position montre nettement qu'il diffère du micaschiste rouge, quoiqu'il y ait parfois quelques ressemblances minéralogiques entre ces deux roches; *cargneule* (*ca*) qui ne se voit point, parce qu'elle est au-dessous de l'Arly.

Ces trois dernières couches sont concordantes et plongent sous la rivière, sur la rive droite de laquelle les collines sont entièrement formées de schistes argileux jurassiques (*L*) sans fossiles.

§ 618. — Retournons maintenant dans la vallée de l'Arve pour décrire une nouvelle partie du district que j'ai désigné sous le nom de Mégève-Hauteluce. Je me suis déjà occupé (§ 551) de l'affleurement du *gypse* triasique accompagné de *cargneule* et de *dolomie*, recouvert par les *schistes argileux jurassiques* des environs des **bains de St-Gervais**; il est le prolongement de celui situé entre la montagne de Pormenaz et les Fiz (§ 462). J'ai également parlé du jaspe et de l'anthracite de St-Gervais (§ 552), ainsi que des

rives du Bon-Nant ; je passe donc au Mont-Joli, dont les terrains jurassiques reposent sur la cargneule et sur le grès arkose de St-Nicolas de Véroce (§ 555).

§ 619. — Il est évident que le grand massif de schistes argileux jurassiques du Mont-Joli est le prolongement des terrains de même âge, développés dans le massif des Fiz entre la vallée de Sixt et le Mont-Blanc, et dénudés sur la chaîne des Aiguilles Rouges.

L'ascension du **Mont-Joli** (2540 mètres) est facile à exécuter lorsqu'on part de St-Gervais, et la vue du sommet est admirable. De ce point élevé on peut suivre l'arête qui s'étend du côté du S., descendre au col Joli, en prendre la coupe en allant à Nant-Borant et revenir le soir à St-Gervais. On monte, en général, au Mont-Joli en gagnant à une certaine hauteur l'arête septentrionale. Vers la base de celle-ci et à sa jonction avec les terrains moins élevés, on a recueilli quelques ammonites. Le Musée de Genève en possède un échantillon sous le nom d'*A. variabilis*, d'Orb., qui doit, je pense, être rapporté à l'*A. Murchisonæ*, Sow. Il y a aussi des ammonites très-voisines de l'*A. Niortensis*, d'Orb. M. Oppel les a reconnues pour appartenir à l'*A. Scissus*, Benecke [1] ; elles sont semblables à celles que j'ai recueillies au col de la Madeleine (§ 657). Ce fossile joue un rôle important dans un certain horizon de l'étage inférieur du terrain jurassique (bajocien) des Alpes bavaroises, et il a été également observé dans le S. du Tyrol, au lac de Garde et en Gallicie, dans des terrains qui avaient été rangés dans le lias, comme ceux du Mont-Joli.

Les assises dans lesquelles ces ammonites ont été trouvées au Mont-Joli sont superposées à un grand massif de

[1] *Beitrage*, pl. 6, p. 21, 170.

schistes argileux qui sont peut-être liasiques; mais on n'en a aucune preuve. Elles supportent des roches vraisemblablement calloviennes ou oxfordiennes, qui forment le sommet de la montagne. On y voit des calcaires gris noirâtres traversés par beaucoup de veines spathiques. Ils renferment un grand nombre de bélemnites déformées par le clivage, cassées transversalement, et dont les fragments ont été éloignés les uns des autres, puis ressoudés par du spath calcaire et quelquefois par du quartz; ce qui donne un aspect bizarre à ce fossile et lui enlève ses principaux caractères. Les échantillons les moins mal conservés sont voisins du *Belemnites niger*, List, de la formation du lias, d'après M. Renevier[1]; mais cette détermination paraît peu certaine, et, d'après la structure de la montagne, il ne me paraît pas probable que le lias soit au sommet, tandis que le terrain bajocien est dans la partie moyenne. Peut-être y a-t-il dans cette épaisseur du terrain jurassique, que j'ai estimée à 1370 mètres (§ 555), un de ces grands contournements dont les couches de la cascade d'Arpennaz peuvent donner l'idée; mais on n'en voit aucune trace au Mont-Joli, les couches y paraissent à peu près horizontales.

M. **Necker** identifie l'assise supérieure du Mont-Joli à celle du sommet du Buet, et il dit qu'elle repose sur un schiste argileux noir à ammonites[2]. M. **J. Delaharpe**[3] nous donne la coupe suivante du Mont-Joli (Pl. XXIII, fig. 5), auquel il assigne une trop grande hauteur.

[1] Notice sur la géologie des environs de St-Gervais, par M. de la Harpe, *B.S. Vaud. des Sc. nat.*, 1856-57, V, 197. Sans connaître la détermination de M. Renevier, j'avais rapproché mes échantillons du *Bel. Bruguerianus*, d'Orb., qui est le même que le *B. niger*, List.

[2] Necker, Mém. sur la vallée de Valorsine. *Mém. de la Soc. de Physiq. et d'hist. nat.*, 1828, IV.

[3] *Bull. Soc. Vaud.* 1857, V, 197.

Calcaire jurassique à bélemnites (*n*).
Calcaire grenu (*m*).
Schistes ardoisiers et anthracite (*dd*).
Calcaire et cargneule (*c*).
Quartzite (*b*)
Micaschiste (*a*).

J'ai déjà fait remarquer que je ne croyais pas à la présence du terrain anthracifère au-dessus de la cargneule.

§ 620. — En descendant du sommet du Mont-Joli à **St-Nicolas de Véroce,** on trouvera les couches dont j'ai parlé (§ 555, Pl. XXIII, fig. 1). Un peu plus au S. et presque en face du village des Contamines, le ravin du hameau du Baptieux est occupé par une grande couche de cargneule qui descend du col Joli. Au S. est une colline boisée composée d'une espèce de schiste cristallin talqueux et quartzeux, contenant quelques veines métalliques. Au delà vient le ravin de N. D. de la Gorge, occupé par une couche de cargneule qui descend du col Joli et de la Grande Pierrière. La colline du Baptieux est donc comprise entre deux masses de cargneule, et je pense qu'elle est le prolongement souterrain des grès siliceux qui sont si largement développés au S. du col Joli. Au delà et près de Nant-Borant se voient des schistes argileux noirs, satinés, plissés et clivés, contenant quelques bélemnites, qui sont, par conséquent, jurassiques, et sur lesquels les singulières roches de la Rosselette semblent reposer (§ 558, Pl. XX, fig. 1).

§ 621. — De Nant-Borant on peut monter au col Joli, large passage ouvert dans des pâturages entre les parties supérieures des vallées de Montjoie et de Hauteluce. La vue de ce col est fort belle : d'un côté le Mont-Blanc se présente à peu près comme dans la Pl. XIX, fig. 8, avec

l'énorme glacier de Trelatête, et de l'autre la vue s'étend sur la vallée boisée de Hauteluce, le lac de la Girottaz, les rochers des Floriers, des Nasaux et le Grand-Mont en Tarentaise.

Le col Joli est formé par un grand affleurement du terrain triasique, très-normal du côté de l'O., parce que ce terrain sort de dessous les roches jurassiques du Mont-Joli, mais peu normal du côté de l'E., parce qu'il paraît s'enfoncer sous les roches d'apparence cristalline de la Rosselette.

De l'O. à l'E. le col présente la coupe suivante (Pl. XXIII, fig. 7) :

1. Schistes argileux et calcaires jurassiques, prolongement de l'arête du Mont-Joli.
2. Calcaire gris avec bélemnites indéterminables, étirées, et pyrites.
3. Schistes quartzeux associés à des ardoises talqueuses ; les têtes des couches se montrent dans les pâturages.
4. Cargneule.
5. Schistes calcaires gris avec quartzite.
6. Cargneule et gypse ; le prolongement de cette couche se retrouve dans le ravin du Baptieux près des Contamines.
7. Calciphyre avec un schiste onctueux verdâtre. Le calciphyre est un calcaire blanc contenant de petits cristaux de feldspath.
8. Schiste gris calcaire, plissé.
9. Cargneule ; le prolongement de cette couche se trouve dans le ravin voisin de Nant-Borant.
10. Schiste argileux noir, satiné, et calcaire gris ; visibles à Nant-Borant.
11. Quartzite.
12. Calcaire gris dolomitique, semblable à celui qui se trouve près des roches cristallines dans le val d'Entrèves.

13. Quartzite pétrosiliceux.

14. Gneiss peu micacé ; les couches sont parfois presque verticales et forment la base occidentale de la montagne de la Rosselette dont j'ai déjà parlé (§ 558).

A. Passage du col Joli.

B. Point le plus bas de cette crête. Je l'ai trouvé, par une mesure barométrique, à 2028 mètres au-dessus de la mer.

Cette coupe donne une assez juste idée de la puissance du terrain triasique ; il se prolonge au S., et y forme un grand plateau très-accidenté, compris entre la montagne de la Rosselette et le lac de la Girottaz. C'est un des endroits les plus sauvages de cette partie des Alpes. La dernière fois que j'y passai, en 1859, les gens du chalet de la Giettaz étaient très-préoccupés d'un loup qui leur avait fait perdre six chèvres. Cèt animal est fort rare maintenant dans les Alpes ; mais on comprend qu'il puisse vivre dans ces localités. Une partie du plateau est occupée par l'éboulement appelé la Grande-Pierrière, par la combe Duran et divers grands monticules ; le sol en est formé par un grès ou poudingue contenant des cailloux assez volumineux (de la grosseur des deux poings), et des grains de quartz rose ; cette roche n'a pas de rapport avec les poudingues de Valorsine et d'Ugine, mais elle en a beaucoup avec les grès *remarquables* du Bon-Homme, que MM. Lory et Vallet rangent dans l'étage infra-liasique (§ 563). Il n'est pas encore prouvé que les grès qui nous occupent appartiennent à cet âge, car ils ont l'apparence du grès arkose et leurs affleurements alternent avec quatre zones de cargneule. Les couches de ces grès plongent dans différents sens, et la même couche est pliée et ondulée. On reconnaît çà et là quelques bancs de schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, et dans

les dépressions, des schistes cristallins semblables à ceux de Bionai.

§ 622. — Les formations occupant ce grand plateau, s'enfoncent et disparaissent sous les couches triasiques du col Joli; elles s'étendent des rochers des Bancs près du Bon-Homme à la vallée de Hauteluce et jusqu'à Roselen. Les grès sont très-développés aux Floriers (§ 628), ils y renferment un très-grand nombre de fours de cristaux. On appelle ainsi des fissures ou des cavités plus ou moins considérables, remplies de cristaux de quartz hyalin. Quelques-unes ont été déjà exploitées et sont plus ou moins ouvertes; d'autres n'ont jamais été touchées et renferment encore probablement bon nombre de beaux cristaux. — C'est un fait remarquable que celui de l'abondance des cristaux de quartz dans les grès; je l'ai déjà indiqué à propos du grès de Taviglianaz (§ 402).

En descendant du plateau de la Grande Pierrière dans la vallée de Hauteluce, on passe au hameau que les paysans nomment Au Luiset, parce que l'on y exploite des ardoises nommées *luis* en patois. Ailleurs cet endroit est appelé **Colombat en Empulant**[1], et plus tard on en a fait Colombe. On y avait signalé une mine d'anthracite de peu d'importance ; j'y ai recueilli dans les schistes argileux de nombreuses empreintes de plantes du terrain houiller. M. de Mortillet[2] en a indiqué quelques espèces, et M. le professeur Heer a déterminé les suivantes parmi les échantillons de ma collection :

Sphenopteris Haidingeri, Ett.
Pecopteris pteroides, Br.
» polymorpha, Br.

[1] *Journal des Mines*, 1806, XIX, p. 451.
[2] Mortillet, *Minéral. et Géol. de la Savoie*, § 144.

Pecopteris Pluckenetii, Br.
Lepidophyllum caricinum, Hr.
» trigeminum, Hr.
Calamites Cistii, Br.
Sphenophyllum Schlotheimii, Br.
Var. dentatum.
» emarginatum.
Cordaites borassifolia, Stern.
Le *Pecopteris polymorpha* est la plante la plus commune [1].

Ces végétaux caractérisent avec la dernière évidence la présence de la formation houillère. La coupe du terrain n'est pas aisée à faire : je crois cependant qu'en partant du plateau, situé à l'O. de la Rosselette, on peut la représenter comme je l'ai fait dans la Pl. XXIII, fig. 6. On y voit les couches suivantes :

1. Grès arkose (?) du plateau des Floriers à l'E. de Colombe (*ak*).
2. Schiste argileux (*s, a*) avec filons de quartz.
3. Dolomie grise (*d*).
4. Cargneule (*ca*) de la combe Duran.
5. Schiste argilo-ferrugineux rouge et vert avec cailloux roulés (*ar*).
6. Nouvelle couche de cargneule (*ca*) en partie sous le lac de la Girottaz, lequel coupe diverses couches en biais.
7. Terrain houiller (*hf*), ardoise, grès plus ou moins fin avec empreintes de plantes, formant la plus grande partie du bassin du lac.
8. Grande épaisseur de schistes verts (*s v*), doux au toucher. Toutes ces couches plongent fortement au S.-E.
9. Grand monticule de roche semblable au poudingue de

[1] Heer, Lettre sur le terrain houiller de la Suisse et de la Savoie, *Archives*, 1863, XVI, p. 177.

Valorsine (*hp*). Les couches forment une voûte sur le flanc de laquelle le village de Turnaz est bâti. Ce poudingue contient des cailloux de gneiss et des fragments de roches voisines du granit, cimentés par des schistes cristallins ressemblant au gneiss.

10. Schiste noir (*h*) semblable à celui du terrain houiller.

11. Cargneule (*ca*) des environs de Belleville.

12. Schistes et calcaires jurassiques (*j*), prolongement du Mont-Joli.

Cette coupe comprend donc une série de couches qui s'étend du terrain jurassique au terrain houiller; mais on n'y trouve pas la symétrie qui doit exister dans une coupe géologique normale. Il est vrai que le terrain est fort bouleversé, et que je n'ai jamais pu rester longtemps à étudier cette localité peu hospitalière.

Le lac de la Girottaz est une grande et belle nappe d'eau bleue qui se déverse par une cascade dans la vallée de Hauteluce.

§ 623. — Dans le haut de la vallée de Hauteluce, près du village de Chauderay, on remarque de grandes surfaces polies par d'anciens glaciers. Cette vallée est assez profondément encaissée; la partie supérieure en est formée sur la rive droite par le terrain jurassique avec un affleurement de terrain triasique, et sur la rive gauche elle est composée de terrain houiller renfermant du poudingue de Valorsine en couches presque verticales, ainsi que la petite exploitation d'anthracite de la Mottaz.

Dans la partie moyenne et inférieure de cette même vallée, la rive droite est occupée par le gneiss ou micaschiste rouge lie de vin, semblable à celui de Flumet, de Crêt-Volant et des Mollières (§ 616). La vallée de Hauteluce présente une agréable association de forêts, de terres bien

cultivées, de belles eaux, de profonds ravins et de grands rochers. Un peu au N. du village de Hauteluce et près du point où la route qu'on suivait, il y a quelques années, en descendant la vallée, passe de la rive droite sur la rive gauche, on voit la cargneule sur le bord de deux ruisseaux, dont l'un s'appelle le Tovet. Elle est accompagnée de schiste argileux rouge et vert et de grès arkose reposant sur du granit. On observe également beaucoup de blocs de granit tombés des rochers des Nasaux.

Le ravin où coule le torrent de la vallée de Hauteluce, est creusé très-profondément en dessous du village, dans le gneiss ou micaschiste rouge lie de vin, et rappelle les gorges du Trient et de la Dioza. Un grand lambeau de calcaire gris schisteux, reposant sur la cargneule, occupe sur la rive gauche de la vallée une partie de la face occidentale des rochers des Nasaux, et s'avance près de Beaufort où le calcaire repose encore sur la cargneule.

§ 624. — En approchant de Beaufort, but ordinaire de la journée, on rencontre des roches cristallines, et l'on voit bien la jonction du gneiss et du vrai granit à petits grains. Le contact est parfait, et près de cette jonction un bloc de granit empâté dans un gneiss verdâtre a été traversé par une petite faille.

La ville de Beaufort (740 mètres d'altitude) est pittoresquement située à l'entrée d'une cluse étroite s'étendant à l'E., creusée près de la ville dans des schistes cristallins. et plus loin dans le granit. M. de Mortillet donne à cette roche le nom de protogine : cependant la masse principale de la montagne est une roche porphyroïde, composée de quartz, de longs cristaux de feldspath d'un gris blanc et de paillettes de mica noir. Elle n'est pas stratifiée, mais divisée en grandes amandes ajustées les unes à côté des autres, ce

qui constitue une fausse stratification. Tous les granits de cet endroit ne sont pas aussi porphyroïdes que celui-ci; non loin du hameau des Iles on en voit un qui ressemble à la protogine rose du Brévent et des Aiguilles Rouges; il contient du quartz gris avec deux feldspaths dont l'un est rose et dur, l'autre verdâtre et tendre, et des paillettes d'une matière d'un vert foncé, qui doit être voisine de la chlorite. Ces roches atteignent une grande élévation du côté du N., dans les montagnes de Planchamp et des Nasaux dont je parlerai bientôt. Elles forment au S. un escarpement recouvert à peu de distance de sa partie supérieure par le terrain houiller. A tout prendre, elles ont plus de rapport avec les roches des Aiguilles Rouges qu'avec celles du Mont-Blanc. Les schistes cristallins semblent les envelopper et empâtent des blocs de granit. M. de Mortillet nous dit[1] que ces schistes sont souvent coupés par des filons de quartz blanc, qui renferment quelquefois des sulfures de fer et de cuivre. On en trouve près du sommet des Enclaves, à la Coudra, au Boustré (frêtes de Roselin), au Vernet, au Pré, au chalet Murloura du Grand-Mont et vers les Rognots, même montagne; aux Anes près Beaubois on a exploité de la galène à gros grains.

§ 625. — En allant de Beaufort à Albertville on ne voit que des schistes talqueux ou micacés, peut-être même un peu argileux, souvent rougeâtres, en masses énormes, identiques à ceux de la vallée de Hauteluce, des environs de Crêt-Volant et ressemblant aux schistes azoïques d'Angleterre. Ils sont dirigés du N. 20° E. au S. 20° O., et près de

[1] *Min. et Géol.*, §§ 110 et 124. — Voyez quelques mots sur la richesse minérale de la vallée de Beaufort. *Revue Savoisienne*, 1863, p. 78. — M. Alb. Beaumont a donné quelques détails sur les mines de la Savoie propre. *Descript. des Alpes grecques et cottiennes*, 1re partie, II, p. 247.

Beaufort, où ils sont voisins du granit, ils plongent à peu près vers le S.-E. de 70°; plus bas dans la vallée, vers Queige, cette inclinaison est de 40°, et à Conflans elle est de 30°; elle semble donc diminuer à mesure qu'on s'éloigne des vraies roches cristallines. Peut-être arrivera-t-on à trouver dans ces énormes masses quelques fossiles; ce serait une découverte d'autant plus intéressante que les êtres organisés appartiendraient probablement à un âge antérieur à celui de l'époque houillère. Sur la rive droite de la vallée du Doron on voit à une grande élévation la cargneule du Paschion.

§ 626. — Mais au lieu de parler des environs d'Albertville, je reviens en arrière pour décrire la route qui conduit de Beaufort à Roselen. Après avoir traversé la masse granitique à l'E. de Beaufort, on arrive au confluent des deux torrents qui viennent l'un de Roselen, et l'autre du col du Bon-Homme; sur la rive droite de ce dernier il y a, près du hameau de Fontaine ou Fontanu, un troisième ruisseau nommé le **Célestet** près du lit duquel, au lieu dit l'Échert, on a trouvé une mine d'anthracite dont le gisement m'a semblé bizarre. M. Mortillet[1] nous dit que « l'on trouve à « gauche le grès anthracifère, passant au poudingue, re« posant sur le cristallin; à droite les schistes à anthra« cite, ainsi que le calcaire superposé, enclavé dans les « roches cristallines. Les couches d'anthracite y sont toutes « bouleversées. »

Un examen de cette localité, il est vrai un peu superficiel, parce que je le faisais par la pluie, m'a donné la coupe suivante, prise sur un espace de 200 à 300 pas en allant de l'O. à l'E.; les couches sont verticales (Pl. XXIII, fig. 9):

[1] *Min. et Géol.*, § 144

1. Granit (*gr*).
2. Quartz schisteux (*q*).
3. Calcaire bleuâtre (*c*).
4. Dolomie talqueuse (*d*).
5. Ardoise contournée (*a*)
6. Anthracite (*an*).
7. Schiste argileux (*s*) divisant l'anthracite en deux veines.
8. Cargneule (*ca*).
9. Ardoise contournée (*a*).
10. Dolomie talqueuse (*d*).
11. Gneiss ou micaschiste (*gn*) à grandes lames de mica, semblable à la roche de Bionay (§ 554).

Ce gisement d'anthracite, dans lequel on trouve de la cargneule, des dolomies et des calcaires, n'a pas de rapport avec les gisements ordinaires des combustibles du terrain houiller, et semble appartenir au terrain triasique, comme ceux de St-Gervais (§ 552) et des bords de la Dranse (§ 316). Cependant je reconnais avec M. de Mortillet qu'au ruisseau du Célestet les couches sont trop disloquées, pour permettre d'établir ce fait d'une manière positive. D'ailleurs, la course que j'ai faite dans la partie supérieure du ravin (§ 628) m'a montré que les roches véritablement houillères sont très-voisines de la cargneule, en sorte qu'une dislocation du sol, une faille où un glissement peut avoir mis en contact l'anthracite houillère et la cargneule triasique. La couche de cargneule de ce ruisseau est la même que celle qui passe au lac de la Girottaz. On trouve, dit-on, quelques traces d'anthracite dans le voisinage de Ville, et il est probable qu'elles sont le prolongement du charbon de la Monta ou la Mottaz (§ 623). S'il en est ainsi, on trouverait de l'anthracite à l'E. et à l'O. du massif granitique de Beaufort.

Lorsqu'on suit le chemin de Roselen, on trouve après

Fontanu une montée rapide qui amène au village de **Beaubois.** Le gneiss à grandes lames de mica occupe une partie du chemin, ainsi qu'un schiste argilo-talqueux verdâtre qui est souvent lié au terrain houiller ; enfin, la cargneule y est très-développée[1]. Cet affleurement est la suite de celui du Célestet et va passer au col de Boudin, pour descendre à Arèche dont nous parlerons plus loin.

Au-dessus de Beaubois, la route longe un grand précipice et traverse de belles forêts, puis on arrive dans la jolie plaine de Roselen. Les roches sont très-variées sur cette route : on y voit d'abord une certaine étendue de terrain houiller, caractérisé par des grès et des schistes verdâtres veinés de quartz ; puis des roches cristallines, gneissiques et granitiques qui rappellent celles des Aiguilles Rouges. Mais j'avoue que j'ai souvent hésité dans la détermination de ces roches, et en particulier je crois, sans en être certain, que l'élégante montagne boisée qui est située à gauche du vallon de Roselen, lorsqu'on y entre par cette voie, appartient au grès du terrain houiller, tandis que le grès arkose et la cargneule occupent une bonne partie du fond de cette petite vallée. En arrivant à Roselen, on passe devant le débouché de la vallée de Trécol, d'où sont venues des masses considérables de terrain erratique, si on en juge par les blocs aussi remarquables par leur grosseur que par leur nombre, qui se trouvent en face de cette ouverture sur le flanc de la crête boisée dont je viens de parler. Ces blocs appartiennent à une brèche calcaire singulière et au grès arkose, qui occupent une bonne partie des hauteurs du val de Trécol (§ 649).

[1] On voit, à Beaubois, nous dit M. de Mortillet, anthracifère et calcaires, associés à des schistes ardoisiers, se développer largement entre deux mamelons de roches cristallines. *Min. et Géol.*, § 144.

§ 627. — **Roselen** est situé dans un charmant vallon dont la partie N.-E. se termine au pied de la majestueuse montagne calcaire nommée le Rocher du Vent. A droite on voit le passage du Petit-Cormet par lequel on se rend aux Chapius, et l'on y remarque des couches calcaires, qui d'abord ont été polies par les glaciers et ensuite arrondies par les eaux du torrent. Ces couches sont dirigées au N. 55° E. et plongent au S.-E. environ. J'y ai recueilli des bélemnites, probablement dans la même localité où M. Élie de Beaumont[1] en avait observé avant moi (§ 559). Ces fossiles montrent que ces couches sont jurassiques ; elles sont le prolongement de celles des rochers des Bancs près du Bon-Homme.

Du Cormet on traverse, pour aller aux Chapius, les immenses pâturages ondulés, nommés le Plan de la Lai ou de l'Allée, en laissant au S. des montagnes sauvages dont je dirai quelques mots (§ 650), et au N. celles dans lesquelles j'ai fait une course pénible et infructueuse (§ 562).

§ 628. — De Roselen je suis allé par le col de la Frête à la Giettaz, et de là, à la montagne de Planchamp pour retourner à Beaufort. Cette course, quoique belle et bien combinée, ne m'a pas donné tous les résultats que j'espérais, parce que je fus entouré toute la journée d'un épais brouillard. Voici cependant ce que j'ai observé. On nomme **Frète de Roselen** une arête qui ferme le vallon au N., et qui se termine à l'E. par le Rocher du Vent ; le calcaire jurassique dont cette grande masse est composée repose sur la cargneule, prolongement de celle de la Giettaz, laquelle s'appuie sur un grès semblable à celui des Floriers et de la Grande Pierrière. Près du col, ce grès est

[1] *Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans*, p. 45.

flanqué à l'O. d'une nouvelle couche de cargneule qui s'appuie contre un massif de grès houiller. Du sommet de la Frête, on voit avec une grande évidence que ces terrains sédimentaires sont le prolongement des terrains de même nature situés sur le revers N.-O. du Mont-Blanc, et qu'ils continuent dans les montagnes calcaires qui s'étendent jusqu'à Moûtiers en Tarentaise. Il en résulte que la chaîne du Mont-Blanc est complétement séparée du grand massif des roches cristallines des environs de Beaufort, et que le granit porphyroïde de ce dernier endroit paraît être bien plus le prolongement des roches granitiques de Valorsine, avec lesquelles il présente une identité minéralogique presque complète, que le prolongement du massif de protogine du Mont-Blanc, dont il est séparé par des couches sédimentaires. La position du granit de Beaufort autorise tout à fait cette manière de voir : car la ligne qui le joint avec celui de Valorsine est à peu près parallèle à la chaîne du Mont-Blanc. Malgré cette séparation entre les terrains cristallins de Beaufort et du Mont-Blanc, ces deux massifs sont réunis sur les bords de l'Isère, entre Albertville et Moûtiers, en une seule chaîne qu'on doit regarder comme le prolongement de la chaîne centrale des Alpes.

Cette séparation est figurée sur la carte géologique de la Suisse (1853), sur la carte de Piémont et de Savoie de M. Sismonda (1862), et elle a été remarquée par M. de Mortillet, tandis que la carte géologique de la France ne l'indique pas. Elle n'est pas assez considérable pour modifier d'une manière importante la description si frappante de la position de la chaîne centrale des Alpes, que M. Élie de Beaumont a donnée en quelques lignes qui font suite à une citation précédente (§ 488). « Les deux bords de cette bou- « tonnière, retroussés de chaque côté, ne sont pas partout

« également écartés l'un de l'autre. A l'E. de Saint-Maxime « de Beaufort, par exemple, ils sont presque en contact ; « mais quelles que soient les dentelures qu'ils présentent « dans quelques-unes de leurs parties, leur continuité est « assez soutenue pour prouver que tout leur contour est de « la même formation, de sorte qu'il suffira de déterminer « l'époque géologique à laquelle appartient une portion de « ce contour, pour fixer celle de tout l'ensemble. »

Des Frêtes de Roselen on descend dans le vallon de la Giettaz[1], puis, en gravissant la montagne qui est sur la rive opposée, on tourne à l'O., on passe à la montagne des Nasaux ou du Pas et l'on arrive dans la vallée de Hauteluce près de Beaufort. La coupe prise durant cette longue course est la suivante (Pl. XXIII, fig. 10) :

1. Cargneule (*ca*) au chalet de la Giettaz ; elle est recouverte à l'E. par des schistes cristallins (*s*) qui font partie des rochers des Bancs.

2. Grès (*ak*) occupant une grande étendue dans le plateau des Hauterets et des Floriers; il paraît triasique et renferme des cristaux de quartz hyalin.

3. Grès (*hp*) qui d'après son aspect noir et micacé paraît appartenir au terrain houiller.

4. Couche de cargneule (*ca*).

5. Schiste argilo-talqueux; c'est, je crois, un grès très-chargé de particules talqueuses blanches.

6. Schiste (*s*) voisin du gneiss.

7. Vrai gneiss (*gn*), granit schisteux avec paillettes de mica noir, formant le sommet des pâturages de Planpatier.

[1] M. de Mortillet a donné quelques détails sur les environs de la Giettaz. *Min. et Géol.*, § 144.

8. Schiste talqueux (*s*).

9. Grès houiller noir (*hp*).

10. Cargneule (*ca*) avec un calcaire rose.

11. C'est là que doit être placé le prolongement de l'anthracite (*a*) du ravin du Célestet; mais on ne le voit pas ici.

12. Schiste talqueux (*s*).

13. Ardoise noire anthracifère (*h*).

14. Grès (*hp*) du terrain houiller.

15. Ardoise luisante (*h*), douce au toucher.

16. Granit (*gr*) du rocher du Pas ; belle roche souvent porphyroïde. Ce granit forme une espèce d'arête, et au N. du rocher se trouve une pointe assez élevée que l'on nomme les Nasaux.

17. Schiste noir (*h*), ardoise.

18. Grès houiller (*hp*).

19. Cargneule (*ca*) se montrant dans le haut de la montagne et en bas près de la route de Hauteluce à Beaufort.

20. Masse peu épaisse de calcaire jurassique (*j*) superposée à la cargneule.

21. Schiste micacé verdâtre et schiste micacé lie de vin (*s*), dans le ravin de la vallée de Hauteluce, près de Beaufort.

Les couches sont dirigées à peu près du N. 10° E. au S. 10° O. Elles sont toujours voisines de la verticale; cependant il est évident que le rocher du Pas présente une structure en éventail. Cette coupe est curieuse, et mériterait d'être mieux étudiée que je n'ai pu le faire en une seule course et par un temps peu favorable ; aussi je ne la présente que comme un aperçu qui sera probablement modifié, si quelque géologue prend la peine d'examiner ces localités sauvages.

Les diverses observations que je viens d'énumérer peuvent donner, je crois, une idée assez juste de la composition du district de ma carte que j'ai désigné sous le nom de Mégève-Hauteluce. Je ne me flatte pas d'en avoir fait une description complète, et je pense qu'il y reste encore plus à glaner que je n'ai pu récolter.

CHAPITRE XXV

MASSIF DU GRAND-MONT

Limites. Généralités. Auteurs, § 629. — Aspect des vallons. Albertville. Conflans, chaîne centrale, 630. — De Conflans à la Roche-Cevins; ardoisière. Col de la Bâtie, 631. — Calcaire du ravin des Gottets, gneiss porphyroïde. Moraine, 632. — Petit-Cœur, coupe, terrain houiller, fossiles, analyse de la matière blanche des empreintes. Trias. Terrain jurassique. Résumé, 633. — Réflexions. Observations de 1864, 635. — De Petit-Cœur à Fougère. Terrain glaciaire, 636. — De Petit-Cœur à Moûtiers, 637. — Moûtiers. Terrain houiller de Salins. Trias, 638. — Titan. 639. — Hautecour, 640. — Montagnes de Montgirod 641. De Moûtiers à Aime; Villette, fossiles jurassiques. Trias. Terrain houiller, 642.

De Beaufort à Moûtiers par le col de la Louza, Arêche, terrain houiller, 643. — Col de Boudin, 644. — Val de Poncellamont; col de la Louza. Grand-Mont, coupe. Gypse; du col de la Louza à Naves, 645.

Du val de Poncellamont à Aime; col du Grand-Cormet, 646. — Brèche calcaire, 647.

D'Aime à Pesey, 648.

D'Aime à Roselen par le col Borson et le val Trécol, 649. — De Roselen aux Chapius par le Petit-Cormet, 650. — Des Chapius au Bourg St.-Maurice, 651. — L'Arbonne, anthracite associée au gypse, sel. Minéraux divers, 652. — Terrain houiller du bourg St.-Maurice à Aime, Mont-Plovezan, 653. — Conclusions, 654.

§ 629. — Cette région est limitée au N. par le massif précédent: elle en est séparée par le torrent de Roselen. qui se réunit au Doron près de Beaufort et rejoint l'Isère à Albertville; à l'O. et au S., d'Albertville au Bourg St-Maurice, par le cours de l'Isère; et à l'E. par le vallon qui s'étend du Bourg St-Maurice aux Chapius près du col du Bon-Homme. Le Grand-Mont, entre Beaufort et Moûtiers, en est la montagne la plus élevée, il atteint 2720 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La Tarentaise, dans laquelle se trouve une partie de ce district, a été explorée à diverses époques par des géologues du plus haut mérite. De Saussure, il est vrai, n'a parlé que de la route des Chapius au Petit-St-Bernard [1]; mais, en 1802, la création éphémère d'une École des Mines à Pesey [2], école qui fut plus tard transportée à Moûtiers [3], attira en Tarentaise Brochant de Villiers et Hassenfratz, auxquels on doit des travaux partiels sur cette région, qui faisait alors partie du département du Mont-Blanc [4].

Les mémoires de Brochant de Villiers ont eu naguère un grand intérêt. Il signale (1808) à plusieurs reprises les couches verticales des diverses parties de la Tarentaise, et nous verrons combien cette disposition est fréquente dans la vallée de l'Isère, entre Moûtiers et le Bourg St-Maurice. Il démontre la présence des terrains de transition dans les Alpes: il croit les trouver dans la chaîne que l'on regardait comme primitive, mais il a quelques doutes au sujet du gneiss de Cevins et de celui de Pesey. En définitive, il pense qu'une partie des Alpes appartient aux terrains de transition les plus anciens, et que les roches cristallines font partie des terrains primitifs les moins anciens.

[1] *Voyages*, § 2227.

[2] Fondée l'an X; *Journ. des Mines*, an XI; XIII, 379. Voyez quelques notes sur les mines de la Tarentaise dans les *Alpes grecques et cottiennes* d'Albanis Beaumont, 1re part. II, 257.

[3] *Journ. des Mines*, 1806, XX, 457.

[4] Les principaux travaux sur cette région sont les suivants: Brochant de Villiers, *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 321; *Ann. des Mines*, 1817, II, 257 et 1819, IV, 233. — Descript. Minér. du Dép. du Mont-Blanc, *Journal des Mines*, an III, I, n° IV, 47; et n° V, 13. — Lélivec, *Journ. des Mines*, an XIII, XVII, 123; 1806, XIX, 379 et 435; XX, 407. Verneilh, *Statistiq. du Dép. du Mont-Blanc*, an XIII. — Grillet, *Dictionnaire*, 1807. — Sismonda, *Mém. de l'Acad. de Turin*, 1841, III; 1852, XII. — Lory, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 480. Voyez aussi le chap. relatif à l'histoire du terrain houiller.

Le mémoire publié en 1819 par ce savant, avait une tendance analogue, et son travail de 1817 avait de l'importance pour l'étude générale des Alpes, car il y démontrait que les gypses ne sont pas primitifs. Cette substance est très-répandue en Tarentaise, elle est maintenant classée dans le terrain triasique, et de Charpentier a montré qu'elle provient de la décomposition de l'anhydrite; elle est souvent associée au sel, et il est probable que le gisement de ce dernier fait partie du terrain triasique inférieur dans les Alpes, comme dans le Jura. A Moûtiers, on a profité des sources salées du voisinage pour établir des salines qui ont déjà été plusieurs fois décrites [1].

Après les observations de Brochant parurent celles de Bakewell, qui apportèrent une certaine précision dans la classification d'une partie des roches [2]; mais elles furent combattues par M. Élie de Beaumont qui n'admettait pas qu'il y eût, dans cette partie des Alpes, de terrain plus ancien que l'étage du lias. Cette opinion attira l'attention de bon nombre de géologues, qui à leur tour confirmèrent ou combattirent cette conclusion. Il en résulta que le sol de la Tarentaise fut scruté avec soin: cependant la classification des roches resta longtemps stationnaire et énigmatique, et ce ne fut que lorsqu'on y constata la présence des roches triasiques qu'elle fit de nouveaux progrès.

§ 630. — La Tarentaise, telle qu'elle était limitée sous l'administration sarde comprenait le bassin hydrographique de l'Isère en amont de la Roche-Cevins, village bâti à la limite de la province. L'Isère traverse dans sa longueur la

[1] Hassenfratz, Observ. sur les salines du Jura et du Mont-Blanc. *Journ des Mines*, an III, I, n° 2, p. 69; n° 4, p. 1. — Berthier, Mém. sur les salines de Moûtiers *Journ. des Mines*, 1807, XXII, 165.

[2] Voyez dans cet ouvrage l'histoire du terrain houiller.

vallée principale, qui est triste et monotone malgré quelques beaux points de vue; les vallées latérales sont plus pittoresques, surtout dans le voisinage des neiges éternelles, où quelques-unes présentent de grandes beautés. Les **vallons** qui débouchent dans ces vallées sont presque tous étroits et resserrés à leur extrémité inférieure, mais larges et spacieux dans leur partie supérieure. Ce caractère s'observe non-seulement en Tarentaise, mais aussi dans les montagnes voisines de cette province. On le remarque dans les vallons de Roselen, de la Giettaz au pied du col de la Sauce, de Poncellamont, des Chapius, de Naves, de la Grande Maison, etc.

Je ne reviendrai pas sur les environs d'Albertville[1] dont j'ai déjà parlé (§§ 386 et 617), mais je décrirai la route qui conduit de cette ville à Moûtiers. La **ville de Conflans**, située sur un rocher élevé au confluent de l'Isère et de l'Arly, attire d'abord l'attention par son aspect antique et pittoresque; elle mérite d'être visitée. Brochant de Villiers disait que le rocher sur lequel elle repose est un quartz feuilleté[2], tandis que Bakewell assure que cette roche est un schiste micacé, mieux caractérisé qu'aucun de ceux qu'il a vus dans les Alpes. D'après lui, il est recouvert, du côté de l'O., par un grauwacke schisteux renfermant des grains de quartz rose[3]. Ce grauwacke est, sans doute, un grès arkose semblable à celui du moulin de Barbe près d'Albertville. Le schiste inférieur ou schiste micacé de Bakewell, est le même schiste talqueux ou micaschiste rouge qui compose la plus grande partie des montagnes situées entre Beaufort et Albertville; à Conflans,

[1] Albertville est à environ 320 mètres au-dessus du niveau de la mer.
[2] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 330.
[3] *Travels in Tarentaise*, 1823, I, 100.

cette roche est grise et contient beaucoup de veines de quartz. La route d'Albertville à Moûtiers est intéressante par la variété des roches qu'on y voit. On longe l'Isère qui traverse la chaîne centrale des Alpes, et qui coule dans une véritable cluse semblable aux cluses du Jura, avec cette différence que les roches traversées sont cristallines : la plupart sont schisteuses et présentent des divisions en couches plus ou moins parallèles qui, par leur direction, font un angle à peu près droit avec la vallée.

§ 631. — De Conflans jusqu'aux environs de Cevins on ne voit que les schistes talqueux ou micacés dont nous avons déjà parlé (§§ 616 et 625). Dans un voyage que j'avais le plaisir de faire en 1858 avec M. Henri de Saussure, nous voulûmes visiter l'**ardoisière de Cevins.** Nous partîmes de la Bâtie sans nous informer de la distance, et nous montâmes pendant cinq heures. Ces ardoises, connues depuis longtemps [1], sont de première qualité : on les tire de la rive gauche du ravin de Benetan, à peu de distance du col de la Bâtie. Cette exploitation occupe 80 ouvriers qui se sont construits de petites maisonnettes en ardoises ; la couleur sombre de ce singulier village lui donne un aspect fort lugubre.

La coupe de cet endroit peut être présentée de la manière suivante (Pl. XXIV, fig. 1) :

1. Calcaire schisteux gris, cristallin, probablement jurassique.

2. Cargneule triasique ; l'affleurement du S.-E. se voit sous l'exploitation des Arolles, et celui du N.-O. est le prolongement de la cargneule du col de la Bâtie et de celle

[1] *Journ. des Mines*, an III, 1795, t. I, n° 4, p. 72. De Mortillet, *Min. et Géol.*, p. 330.

qui dans le ravin de l'Adrai, à l'E. du col, est si largement développée et associée à du gypse.

3. Ardoise exploitée, dans laquelle on ne trouve pas d'empreintes de plantes.

4. Grès houiller noir avec anthracite.

5. Grès houiller ressemblant tantôt aux roches cristallines, tantôt au grès du Trient qui, on le saït, est intimement lié au poudingue de Valorsine.

6. Roche probablement cristalline, s'élevant très-haut dans le Grand-Mont; je n'ai pu l'examiner de près.

En descendant à Cevins par le hameau de Benetan, on ne voit que des schistes talqueux ou micacés dont les couches plongent au S.-E., et à environ 100 mètres au-dessus du village de Villard, soit à environ 600 ou 700 mètres au-dessus de l'Isère, on trouve de belles surfaces polies.

§ 632. — En continuant à descendre, on arrive au **ravin des Gottets** près du village de La Roche-Cevins, où l'on remarque une grande masse de calcaire noir schisteux avec pellicules blanchâtres talqueuses ou micacées, qui repose sur le schiste talqueux ou micaschiste des montagnes situées entre Albertville et La Roche-Cevins. Ces schistes, qui sont peu variés, renferment plus ou moins de veines de quartz, et quelques-uns d'entre eux ont assez de rapport avec des grès, pour qu'il soit difficile de les classer. Ils constituent le monticule qui s'avance au bord de l'Isère au N. et près de La Roche-Cevins. Les couches de calcaire du ravin des Gottets sont dirigées au N. 25 à 30° E., et plongent au S.-E. environ, en sorte qu'elles paraissent s'enfoncer sous les schistes cristallins qui sont au S.-E. Il est évident, d'après la position de ce calcaire (voyez la carte), qu'il est le prolongement de celui de l'ardoisière du col de la Bâtie auquel il est semblable, et qui est lui-même

le prolongement des deux masses calcaires situées au S. et au N. de Beaufort. Ces divers lambeaux calcaires sont les restes de la grande formation jurassique qui occupait la surface de ces montagnes et qui a été presque entièrement enlevée. Le calcaire des Gottets est séparé des schistes cristallins par la cargneule, d'après ce que j'ai pu voir sur des échantillons tombés de la montagne.

Sur la rive gauche du ravin des Gottets on trouve un **gneiss porphyroïde** que M. de Mortillet appelle stéaschiste porphyroïde[1]; c'est un gneiss gris avec de grands cristaux de feldspath blanc, qui a quelque célébrité, parce que Brochant de Villiers dit qu'il n'a été trouvé qu'en deux endroits, à Pesey et à Cevins. « Cette roche, dit-il, aurait « pu être rangée avec les schistes micacés; mais j'ai pré- « féré l'indiquer séparément, son gisement présentant des « circonstances particulières[2]. » C'est pour cette raison que je l'ai désignée sur ma carte par la même teinte que celle qui indique les porphyres. D'après Brochant de Villiers, elle se trouve en place au-dessus de La Roche et auprès de Cevins, dans une montagne où peu de rochers se montrent à découvert. Les couches sont verticales et dirigées du N.-E. au S.-O.[3] Je crois qu'elles plongent légèrement au S.-E.

Ce gneiss porphyroïde est la roche la plus cristalline de toutes celles qui constituent cette partie de la chaîne centrale des Alpes; cependant, près de N. D. de Briançon, on voit une espèce de granit à mica noir avec quelques cristaux de sphène d'un jaune brunâtre. Nulle part on n'observe la vraie protogine qui est si remarquablement développée dans la chaîne du Mont-Blanc.

[1] *Min. et Géol.* p. 126.
[2] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 336.
[3] *Journ. des Mines, id.*, p. 362.

Les blocs de gneiss porphyroïde sont nombreux dans la vallée, et il est difficile de juger de l'espace occupé par la roche en place; je pense qu'elle s'élève assez haut dans la montagne, mais qu'elle ne s'avance pas du côté du S. au delà de la limite fixée naguère entre la province de la Haute-Savoie et la Tarentaise.

Près du hameau de Rochette, les roches sont très-feldspathiques, mais ce ne sont plus des gneiss porphyroïdes; quelques-unes sont amphiboliques. Plus au S. reparaissent les schistes talqueux ou micaschistes, semblables à ceux que nous avons vus entre Albertville et Cevins: ils s'étendent jusqu'au ravin de Naves près de Petit-Cœur, en sorte que cette même roche schisteuse occupe les deux côtés de la chaîne centrale.

Les moraines d'anciens glaciers sont très-rares dans le fond de la vallée de l'Isère, il y a donc quelque intérêt à en signaler une (surmontée d'une tour) un peu au N. de l'oratoire de Fessons.

§ 633. — J'arrive maintenant à la localité de **Petit-Cœur,** située à peu de distance de la route et célèbre par les longs débats auxquels elle a donné lieu. Les montagnes en arrière du village se présentent à peu près avec l'aspect de la Pl. XXIV, fig. 4, lorsqu'on les aborde en venant de Moûtiers. L'endroit le plus intéressant est la Combe charbonnière entre le chemin qui monte à Naves et le torrent qui descend de ce village. Dans le dessin, on voit entre le château et l'église la disposition générale des couches sur lesquelles on a tant discuté: les signes qui sont au-dessous sont les mêmes que ceux de la section de la Pl. XXIV, fig. 2. Cette coupe que j'ai examinée plusieurs fois[1] est composée des couches suivantes:

[1] En 1834, 1844, 1851, 1852, 1859, 1860, 1864.

1. Calcaire schisteux à bélemnites des environs de Naves (*j*). On ne peut voir la superposition immédiate de cette roche aux suivantes; mais d'après sa position on comprend qu'elle leur est supérieure. La puissance en est fort considérable: elle occupe la base de montagnes dont la composition est assez complexe, car on y voit des masses argilo-calcaires, argilo-talqueuses, des grès schisteux et les roches singulières connues sous le nom de schistes rubannés de la Madeleine, associées à de grands massifs de brèche.

2. Cargneule (*ca*). Aucun géologue n'avait tenu compte de cette roche dans les coupes prises dans cette localité, et moi-même je ne l'ai remarquée qu'en 1852; cependant elle offre un grand intérêt, surtout depuis qu'il a été démontré que la cargneule et les gypses appartiennent au trias [1]. Les gypses ne se montrent point ici, mais ils affleurent un peu plus haut dans la montagne: ils constituent avec la cargneule une zone qui passe dans le vallon de la Grande Maison, au col de la Louza, à St-Guérin, à Beaubois, etc. Sur la rive gauche de l'Isère, cette même zone se montre à Douci, au col de la Madeleine, à la Chambre en Maurienne, etc.

3. Au-dessous de la cargneule vient un grès (*g*) qui est un bon type du grès houiller. Il est d'un gris noirâtre, micacé, pyriteux, et renferme quelques cailloux qui lui donnent parfois l'apparence d'un poudingue. Les couches de ce grès les plus voisines de la cargneule, plongent en sens opposé aux autres, c'est-à-dire au N.-O.; mais cette disposition est tout à fait locale. L'épaisseur totale du grès est de 30 mètres.

4. Schiste argileux noir (*f*); ardoises renfermant beau-

[1] J'ai ramassé à la surface de la cargneule un grain de fer oxydulé magnétique, de la grosseur d'un œuf.

coup d'empreintes végétales d'une admirable conservation. Épaisseur 0,75 à 1 mètre. Les espèces qui y ont été recueillies sont les suivantes :

Sphenopteris tridactylites, Br.
Neuropteris flexuosa, Stb.
» *var.* tenuifolia, Br.
» Loshii, Br.
» Soretii, Br.
Cyclopteris auriculata, Stb.
» reniformis, Br.
Odontopteris alpina, Stb.
» Brardii[1]. Br.
» *var.* obtusa.
» Schlotheimii, Br ?
» Studeri, Heer.
Pecopteris Beaumontii, Br.
» cyathea, Schl.
» arborescens, Schl.
» *var.* platyrachis, Br.
» pulchra, H.
» polymorpha, Br.
» æqualis. Br.
» Pluckenetii, Br.
Volkmania ? erosa, Br.
Lepidophyllum caricinum, Heer.
» trigeminum, Heer.
Lepidodendron dichotomum, Stb ?
Calamites Suckowii, Br.
Asterophyllites rigidus, Br.
» anthracinus, Heer.
Annularia brevifolia, Br.
» longifolia, Br.
Sphenophyllum saxifragæfolium.
Cordaites borassifolia, Stb.

[1] Cette espèce est la plus commune.

Les empreintes de la plupart de ces plantes sont recouvertes d'un enduit blanc qui, au premier coup d'œil, paraît être du talc, et qui se distingue nettement de l'ardoise noire sur laquelle il repose. En 1851, M. Calloud de Chambéry y a signalé de la glucose [1]; mais M. le professeur Marignac, qui a bien voulu faire l'analyse de cette matière blanche en 1852, a trouvé qu'elle était composée de la manière suivante, nº 3. Je mets cette analyse en regard de deux autres faites par M. Terreil [2]; le nº 1 est l'analyse du même enduit blanc; le nº 2 est celle du schiste argileux noirâtre sur lequel les empreintes de plantes sont placées:

	nº 1	nº 2	nº 3	Oxyg	Rap.
Silice.	50,00	50,47	46,95	24,395	12
Alumine	36,45	35,65	36,24 (Alumine et Oxyde de fer)	15,823	8
Oxyde de fer	0,37	0,34			
Chaux	0,45 (Chaux et Magnésie)	0,68 (Chaux et Magnésie)			
Magnésie	. . . . .	. . . . .	1,52		
Potasse et soude.	5,01	5,41	9,39 diff.		
Soufre.	tr.	tr.	»		
Acide phosphorique . . .	»	»	»		
Carbone.	—	0,47	»		
Eau et perte	7,96	7,20	5,90		
	100,24	100,22	100,00		

Ces trois analyses se rapportent à des micas, et l'on voit que le schiste argileux noir présente la même composition que le mica blanc qui a pseudomorphosé les empreintes de plantes.

5. Anthracite (*a*) formant une couche mince ayant environ 30 centimètres d'épaisseur, mélangée de schiste argileux. On y a fait quelques tentatives d'exploitation.

[1] *Comptes rendus de l'Acad.*, 1851, XXXIII. 544. *Institut*, 1851, 371.
[2] *Rev. de Géol.* pour 1861, p. 90. *Comptes rendus* 1861, LIII, 120.

6. Schiste argileux (*j'*) ayant environ 12 mètres d'épaisseur, contenant des *Belemnites* qui se rapportent au *B. acutus*, Miller, d'après M. de Mortillet [1], et qui sont plus petites que celles de la couche (*j*). Le même savant a trouvé dans ce terrain une *Ammonites Bucklandi*, Sow., ou *bisulcatus*, Brug. et des fragments de crinoïdes. M. le professeur Heer y a reconnu, dans les échantillons que je lui ai adressés, la présence du *Chondrites bollensis*, Ziet., figuré par M. Kurr [2].

7. Grès psammite gris noir, micacé (*g'*), semblable au grès de la couche (*g*); c'est dire qu'il a tous les caractères du grès houiller. Épaisseur 6 mètres.

8. Au bord du torrent se trouve un schiste talqueux ou schiste micacé, gris ou verdâtre (*s*), qui fait partie des grandes masses de cette roche que j'ai signalées des deux côtés de la chaîne centrale. Ces schistes ont un facies particulier et supportent fréquemment les roches anthracifères. J'en ai indiqué la présence à Colombe (§ 622); nous les verrons à Arèche (§ 643), et M. Lory les rapproche de ceux qui se trouvent en Oisans [3]. Ils renferment des veines de quartz, et je pense qu'on arrivera à les classer dans le terrain houiller. M. Lory a remarqué avec raison que les roches qui sont à une certaine distance au N.-O. de Petit-Cœur sont plus cristallines que celles qui en sont voisines.

Cette coupe se résume de la manière suivante (Pl. XXIV, fig. 2) :

j)	Calcaire schisteux à bélemnites de Naves.	
ca)	Cargneule triasique.	
g)	Grès anthracifère	30,00 mètres.
f)	Schiste argileux à empreintes de plantes	0,75 à 1 m.

[1] *Min. et géol.* p. 164.
[2] *Beiträge zur fossilen Flora der Juraformation Württembergs*, 1846.
[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1857, XV, 14; 1859, XVI, 827.

a) Anthracite 0,30
j'') Schiste argileux à *Belemnites acutus* et à *Ammonites bisulcatus*. 12,00
g') Grès psammite gris; micacé 6,00
s) Schiste talqueux.

Toutes les couches de ces terrains sont parallèles entre elles, sauf la première, (j), qui fait un très-petit angle avec les autres. Elles sont dirigées de l'E.-N.-E. à l'O.-S.-O., et plongent au S.-S.-E. environ avec une inclinaison de 70°.

§ 634. — On voit donc, dans cette coupe, une couche contenant des empreintes de plantes identiques à celles du terrain carbonifère, accompagnée de grès semblable au grès houiller, et comprise entre deux couches qui renferment des bélemnites. Cette observation a été faite pour la première fois par M. Élie de Beaumont.

Il est vrai que l'on ne voit pas la superposition immédiate du calcaire à bélemnites supérieur sur la cargneule et les grès; cependant on ne peut la mettre en doute. On avait conclu de cette coupe, que les végétaux fossiles étaient contemporains des terrains à bélemnites qui très-probablement représentent le lias, et qu'il n'y a pas dans les Alpes de terrains sédimentaires plus anciens que les couches liasiques. D'autres géologues, ayant foi dans les indications fournies par les végétaux fossiles, ne pouvaient consentir à en annuler l'importance comme caractère de l'âge des formations. Ils soutenaient qu'il fallait trouver une manière d'expliquer cet arrangement de couches, en laissant aux animaux et aux végétaux fossiles la valeur paléontologique qu'ils possèdent dans tous les autres pays. De là est résultée la longue discussion dont j'ai donné une esquisse dans le chapitre relatif à l'histoire du terrain houiller.

Lorsque je publiai la coupe de Petit-Cœur en 1859, je

montrai que ce n'étaient pas seulement des couches carbonifères qui étaient enfermées dans les couches à bélemnites, mais que la cargneule était aussi comprise entre ces deux couches. Or la cargneule, qui est liée au gypse dans cette localité, comme dans tant d'autres, fait partie du terrain triasique. Dès lors il n'était plus admissible que les végétaux houillers appartinssent au terrain jurassique ou au terrain liasique à Petit-Cœur, tandis qu'ils en étaient si distincts ailleurs. Cette observation vint étayer l'idée que M. Voltz avait émise en 1830, et que j'avais soutenue en 1841 sans connaître l'opinion de ce savant, savoir : qu'il fallait expliquer l'anomalie de Petit-Cœur par un pli ou un **contournement** dans le terrain. Cette idée laissait aux caractères stratigraphiques et paléontologiques leur importance relative. Je proposai d'expliquer la coupe de la fig. 2, Pl. XXIV, qui est la même que celle de la fig. 9, Pl. XXVII, au moyen d'une figure théorique (fig. 10, Pl. XXVII), c'est-à-dire en supposant qu'un pli de terrain, dont la convexité aurait été tournée du côté d'en-haut, aurait amené les couches dans la position qu'elles occupent. Dans la partie de droite de cette coupe, les couches se présentent dans un ordre normal, savoir, en commençant par le haut : les roches à bélemnites, jurassiques ou liasiques (*j*), la cargneule triasique (*ca*) et le grès houiller (*g*). A partir de ce grès, nous retrouverions un ordre inverse, mais également normal, si l'on découvrait une seconde couche de cargneule (*c'*) entre les schistes à empreintes de fougères (*f*) et les schistes à bélemnites (*j'*), comme je l'ai indiqué dans la fig. 10, Pl. XXVII. Nous aurions alors : le grès anthracifère (*g*), les schistes à empreintes (*f*), la couche de charbon (*a*) (dont il est inutile de tenir compte, parce que dans les Alpes ces couches n'ont pas de suite), la cargneule tria-

sique (c') et le schiste jurassique à bélemnites (j'). Dans cette hypothèse on aurait donc à Petit-Cœur une masse de terrain houiller flanquée de terrain triasique, lequel à son tour serait recouvert de roches jurassiques, ce qui simplifierait beaucoup la géologie de cette petite, mais importante localité.

On a objecté à cette manière de voir qu'on n'a pas trouvé la couche de cargneule (*ca'*). Il est vrai que je n'ai pu la découvrir; mais peut-être m'a-t-elle échappé, tout comme la couche de cargneule (*ca*) avait échappé à tous les géologues qui avaient visité cette localité avant moi; cette dernière se voit cependant au milieu du chemin qui conduit de Petit-Cœur à Naves. La couche (*ca'*) doit se trouver, si elle existe, dans une partie du sol beaucoup plus difficile à examiner que celle où passe le sentier. Si on la découvrait, l'existence du pli supposé dans la fig. 10 serait démontrée. On ne peut donc faire dépendre l'importance paléontologique des végétaux fossiles (ce qui constitue une grande question scientifique) de la découverte plus ou moins précaire de cette couche de cargneule.

« En résumé, quoique la solution du problème de Petit-
« Cœur ne soit pas complète, il sera maintenant difficile
« d'attacher encore une grande importance à l'examen de
« cette localité, et de baser des théories sur la présence des
« bélemnites dans le terrain houiller ou sur les plantes car-
« bonifères qui se sont déposées dans le terrain liasique.
« On saura qu'il suffit de la découverte de la couche de car-
« gneule (*ca'*) pour les annuler. Cette découverte ne se
« fera peut-être pas attendre longtemps[1]. »

[1] *Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie*, 1859, p. En 1861, j'ai reçu une lettre d'un géologue qui ne m'a pas autorisé à nommer et qui me donnait la coupe de Petit-Cœur avec la couche de cargneule (*ca'*).

§ 635. — M. Lory, dans un premier mémoire[1], a admis que le terrain anthracifère appartient à l'époque carbonifère, et que les bélemnites font partie du terrain jurassique ou du terrain liasique. Il adopte l'idée théorique d'un plissement dans le terrain; mais il croit que l'ordre des couches s'expliquerait mieux par un pli en sens inverse de celui que j'ai indiqué, c'est-à-dire par un pli dont la convexité serait tournée vers le bas. Ce savant croit que la couche de grès (g') et la couche de grès (g), à laquelle il ajoute les petites couches (f et a), font partie d'un même terrain qui a été plissé en forme de V très-aigu et a pincé dans son intérieur un petit lambeau de lias inférieur. Les calcaires à bélemnites (j), qui sont, d'après M. Lory, un étage plus élevé du lias que la couche (j'), se trouveraient en contact avec la *face inférieure* de la masse de grès (g), et il y aurait eu une discontinuité complète dans la série des couches, « discontinuité, dit-il, qui semble exister en effet; » cependant c'est là que se trouve la cargneule (*ca*) qui est bien à sa place. Je ne saurais décider maintenant laquelle de ces deux explications est la plus plausible; je vois quelques objections aux deux coupes théoriques, mais je suis heureux d'être d'accord avec M. Lory sur le fond de la question. Peu importe à la science que le pli de Petit-Cœur soit en forme d'un U renversé ou d'un U droit: ce qui lui importe, c'est que l'union des déductions tirées de la stratigraphie, des animaux et des végétaux soit conservée, et qu'il y ait concordance entre ces trois branches de la science. Cet accord fait la base et la force de la géologie moderne, dont le développement a commencé avec les travaux des W. Smith, des Cuvier et des Brongniart. Il est

[1] *Bullet. Soc. géolog. de Fr.* 1859, XVI, 825.

probable qu'on discutera encore longtemps sur la coupe de Petit-Cœur, mais dès à présent la discussion offre peu d'intérêt.

Dans un second mémoire, M. Lory a proposé une nouvelle explication de cette coupe[1]; j'en dirai quelques mots dans le chapitre relatif à l'histoire du terrain houiller. On pourrait peut-être voir à Petit-Cœur une dislocation de l'ordre de celles que M. Brunner a signalées au Stockhorn[2] ou un arrangement de couches semblable à ceux représentés dans les fig. 5 à 11, Pl. XXIV, qui montrent que des couches peuvent arriver à une structure compliquée, après avoir été horizontales, en subissant des dislocations qui n'ont rien d'improbable.

Il est des dislocations, voisines des précédentes pour la forme, qui se rapprocheraient peut-être plus encore de la structure énigmatique qui nous occupe : ce sont celles que M. Albert Muller[3] a indiquées dans le Jura bâlois. On y voit que des terrains horizontaux comme ceux de la fig. 12, Pl. XXIV, peuvent être cassés en deux parties par deux failles (fig. 13). Ces parties glissent les unes sur les autres (fig. 14), sont redressées ensuite (fig. 15) et offrent à peu près la même section que celle de Petit-Cœur.

§ 636. — J'étais désireux d'étendre la coupe de Petit-Cœur du côté du Nord, et de voir la partie supérieure des montagnes dont j'avais suivi la base dans la cluse qui met en communication Albertville et Moûtiers. Pour cela je fis la course du sommet du Grand-Mont (§ 645), et celle

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1864, XXII, 48.

[2] *Bibl. Univ.*, septembre 1852 et *Mém. de la Soc. helvétique des Sc. nat.*, 1857, XV.

[3] Sur les rapports anormaux des couches dans le Jura bâlois. *Soc. d'hist. nat. de Bâle*, 1859, 3e cahier, p. 348. *Archives*, 1861, XI, 165 et *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, 1re livraison. Neuchâtel, 1863.

de Naves à **Fougère** ou **Fiogère** dans le vallon de la Grande Maison. Je trouvai peu d'intérêt dans cette dernière; on chemine longtemps sur des schistes talqueux, plus ou moins traversés par des veines de quartz, semblables à ceux qui font partie de la coupe de Petit-Cœur; puis sur les rives du torrent de la Grande-Maison on trouve un beau gneiss bien caractérisé, différent de ceux que j'ai vus dans la vallée. Il prouve par sa nature que la partie centrale de la chaîne est plus cristalline que sa partie extérieure.

La vallée de Naves renferme beaucoup de traces laissées par les anciens glaciers; ce sont des blocs, des surfaces polies et moutonnées et une moraine (§ 637). Ici, comme au débouché de toutes les vallées latérales, il a dû y avoir lutte entre le glacier qui en sortait et celui de la vallée principale. Cette lutte a dû s'engager à différentes hauteurs suivant l'épaisseur plus ou moins grande de la glace. On en trouve des traces sur l'extrémité méridionale du long contre-fort qui sépare le vallon de Naves de celui de la Grande Maison; il est presque entièrement couvert de roches polies et striées. Les stries ne sont pas parallèles à sa longueur, mais à celle de la vallée de l'Isère, sans avoir cependant une grande régularité. Le terrain erratique s'élève dans cette région jusqu'à environ 100 mètres au-dessus de Grand-Naves.

§ 637. — De **Petit-Cœur** à **Moûtiers** la course est pittoresque, mais peu intéressante pour le géologue, soit qu'on la fasse par la route, soit qu'on passe par la montagne. Le rocher de la Madeleine, qui ferme en partie au N.-O. le bassin de la ville de Moûtiers, est composé des schistes rubannés dont Brochant de Villiers a donné une longue description[1]. Ce sont des schistes argilo-talqueux

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 345.

gris, devenus fibreux et coupés par des veines de carbonate de chaux parallèles entre elles. Ces veines sont divisées dans leur longueur par un joint ; les fibres qui les forment sont perpendiculaires à la longueur de la veine et parallèles aux fibres du schiste argileux. Ces fibres ou filets spathiques sont, en général, si minces qu'ils ne traversent pas des plaques de schiste n'ayant qu'un centimètre d'épaisseur. Brochant s'est occupé de la théorie de ce petit phénomène qui ne peut s'expliquer que par le clivage. Des rochers de ce genre s'observent sur plusieurs points du pourtour de la chaîne centrale, particulièrement dans les environs d'Orsières en Valais.

Si l'on se rend de **Petit-Cœur à Moûtiers par la montagne,** on passera près de l'ancienne moraine latérale gauche du glacier qui est descendu par le vallon de Naves. Je la crois située à environ 300 mètres au-dessus de l'Isère. On observera aussi que les terrains se succèdent à peu près dans l'ordre suivant en remontant la série des couches :

1. Schistes argilo-calcaires et ardoises s'appuyant sur les calcaires à bélemnites de Naves.

2. Ardoises ou schistes argileux.

3. Ardoises contenant des bélemnites, à la carrière dite la Louzière des Bois, sur la rive gauche de l'Isère.

4. Brèche avec bancs calcaires, semblable à celle qui est si largement développée plus au N.-E., au Grand-Cormet et au col Borson.

5. Schistes rubannés de la Madeleine.

6. Cargneule et gypse.

7. Calcaire saccaroïde et schiste argilo-talqueux de la montagne sur laquelle le village de Hautecour est bâti, et dont je parlerai plus loin.

Toutes les couches de ces terrains s'appuient au N.-O.

sur la chaîne centrale, de même que les terrains des environs d'Albertville et d'Ugine s'appuient au S.-E. sur cette même chaîne.

§ 638. — La ville de **Moûtiers** (480 mètres) est un beau centre d'excursions géologiques. On y est entouré de terrains dont la position n'est pas toujours facile à comprendre. Elle est située à peu près à la jonction de quatre vallées et repose sur un grand affleurement de terrain triasique, qui passe à Hautecour et se prolonge au S.-O. à Salins et dans la vallée de Belleville. Dans les montagnes à l'E., le trias est très-développé, et au S. on voit un grand rocher dolomitique qui domine Melphe (vieille route de Brides-les-bains). On reconnaît au delà un étroit affleurement de terrain carbonifère qui se montre sur la rive gauche de l'Isère un peu en amont de Moûtiers, et entre **Salins** et Villarlurin. On a fait quelques recherches pour l'anthracite dans les grès houillers voisins de Salins, et en 1808 Brochant de Villiers y signalait des végétaux fossiles, « des « empreintes de roseaux et d'autres plantes[1]. » M. de Mortillet et M. le chanoine Rendu y ont vu des végétaux fossiles, entre autres le *Nevropteris gigantea*[2], et j'ai pu y recueillir quelques tiges d'équisétacées qui étaient debout dans les grès. Immédiatement au S.-E. de cette zone de terrain houiller, se montre le gypse triasique qui a une grande étendue; il est associé à du fer oligiste et à du carbonate de fer (nouvelle route de Brides), et près de Salins il contient des cristaux informes de quartz hyalin.

§ 639. — M. Héricart de Thury[3] décrivit au commen-

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 358.
[2] *Min. et géol.* § 154. — Lettre de M. le ch. Rendu à M. De Luc, sur quelques points de la géologie. *Mém. de la Soc. Roy. acad. de Savoie*, VIII.
[3] *Journ. des Mines*, an XII (1808), XV, 401.

cement de ce siècle **un filon contenant du titane rutile** aciculaire associé à du fer carbonaté, à de l'oxyde de fer, à du fer oligiste, à de la chaux carbonatée et à du quartz, situé près de Moûtiers, à 150 mètres d'élévation sur la rive gauche du torrent de Belleville, et au-dessous du hameau de Leschaux. Ce filon est très-voisin d'une masse de gypse, et la montagne est composée de schistes argilo-talqueux gris, qui paraissent être à peu près le prolongement des schistes rubannés du rocher de la Madeleine.

§ 640. — La carte géologique de la France de MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy indique au N. de Moûtiers, dans la commune de **Hautecour**, un massif de serpentine entouré de terrain jurassique modifié. J'étais d'autant plus disposé à admettre la présence de cette serpentine, que j'ai toujours remarqué combien les limites des terrains de l'intérieur des Alpes sont tracées d'une manière exacte sur cette carte; mais je n'ai pu réussir à trouver la serpentine dans les environs de Hautecour; il est vrai que la recherche en est difficile, parce que le sol est parsemé de grands monticules de rochers qui empêchent d'en voir l'ensemble. Je n'ai remarqué que des grès qui ressemblent au gneiss, des calcaires blancs, des calcaires dolomitiques gris associés à des cargneules, des calcaires verdâtres (qui ont une fausse apparence de serpentine), des schistes argilo-talqueux ou argilo-ferrugineux et des grès arkoses verdâtres, très-siliceux, talqueux et pétrosiliceux; toutes ces roches font partie du terrain triasique, et le grès arkose, qui occupe la base de cette formation, est fort bien développé à Hautecour, à Montgirod plus au N.-O., près du lac du Grand-Cormet et au col Borson (§ 649). Il ne paraît pas que M. de Mortillet ait trouvé mieux que moi la serpentine de Hautecour, car il croit que « les roches éruptives que la

« carte géologique de France place au N. de Moûtiers, à « Hautecour sont anthracifères[1]. »

Le terrain triasique de cette localité est en couches qui s'appuient sur le terrain jurassique des environs de Naves et de Petit-Cœur, et plus au N.-E., du côté d'Aime, il est recouvert par le terrain houiller.

On voit encore dans les environs de Hautecour des blocs erratiques d'une roche verdâtre dure, serpentineuse ou amphibolique, qui viennent de loin, car j'en ai remarqué de semblables près de Bonneval, au N. du Bourg St-Maurice, et je crois qu'ils sont sortis du val de Versoye.

§ 641. — En allant de Villette au village de **Montgirod**, situé un peu au N.-E. de Hautecour, on remarque une brèche calcaire en masses énormes; j'en parlerai en décrivant les passages du Grand-Cormet et du col Borson: plus bas et jusqu'à l'Isère il n'y a que des schistes argilo-talqueux et des calcaires cristallins. Au-dessus de Montgirod on trouve une zone composée de gypse, de schistes argilo-ferrugineux rouges et verts et de grès arkoses; ces trois roches sont triasiques; la dernière forme des monticules et se prolonge jusqu'à Hautecour. Plus haut, jusqu'à la crête de la montagne, on ne voit qu'une brèche calcaire associée à des schistes argilo-talqueux et à des calcaires saccaroïdes ou cipolins.

§ 642. — Lorsqu'on sort de Moûtiers pour aller à Aime par la route qui conduit au Petit St-Bernard, on remarque avec surprise combien toutes les couches sont verticales; ce sont les mêmes que celles des environs de Montgirod, elles sont dirigées du N. 25 à 30° E. au S. 25 à 30° O.[2]

[1] *Min. et Géol.*, § 119.

[2] Sur la rive gauche de l'Isère, les cargneules et les gypses sont très-développés, le village de Longefoi repose sur eux. On dit beaucoup dans le

Les monticules de **St-Marcel** ont attiré mon attention parce qu'en général deux têtes de couches semblables entre elles comme celles de la Pl. XXIV, fig. 3, dénotent la présence d'un terrain replié en forme de V. En effet, les couches du monticule septentrional, sur lequel l'église est bâtie, plongent un peu au S.-E., tandis que celles du monticule méridional plongent au N.-O. La roche est un calcaire blanc plus ou moins cristallin, dans lequel il y a des veines et des nids d'une espèce de quartzite blanc, rude au toucher, parsemé de cristaux de dolomie; la formation en est aussi difficile à expliquer que celle du calciphyre.

Plus en amont dans la vallée, on arrive à l'**Étroit du Cieix,** passage pittoresque où la route s'élève à plusieurs centaines de pieds au-dessus de l'Isère. La vue y est belle; la roche est un calcaire blanc saccaroïde qui appartient, je crois, au terrain triasique, et qui a pour prolongement les roches de même nature voisines des Chapius.

Après avoir suivi la route quelque temps encore, on arrive aux monticules situés près du village de **Villette** (759 mètres), sur lesquels on a déjà beaucoup discuté. Le calcaire dont ils sont formés est saccaroïde, brun, violet ou blanc, et renferme des fragments d'autres roches, qui varient de la grosseur d'un grain de blé à celle de la tête; ils ne sont pas roulés et constituent une vraie brèche, qui est tantôt au-dessus, tantôt au-dessous d'un calcaire dolomitique gris. Cette brèche contient des bélemnites indéterminables comme

pays qu'on ne voyait pas, il y a quelques années, l'église de ce village depuis un certain point de la route, tandis que maintenant elle en est visible: si cette observation est vraie, on doit attribuer ce changement à un mouvement du sol arrivé par suite de la dissolution du gypse par les eaux de pluie. La présence de nombreux sillons creusés dans les gypses par ce moyen, démontre qu'au bout de quelques années ou de quelques siècles la diminution du volume de cette roche doit être très-notable.

espèce, souvent changées en calcaire saccaroïde. Borson y a reconnu un pecten, et Brochant de Villiers un nautile qu'il a découvert à Paris dans une table de marbre provenant de Villette[1]. Cette observation fut pour ce dernier un trait de lumière qui éclaira ses études sur la Tarentaise, et qui lui fit comprendre que le calcaire qui renfermait ce fossile n'était pas primitif, mais appartenait au terrain de transition. Ce *rajeunissement* des formations ne devait pas s'arrêter là : M. Bakewell et M. Élie de Beaumont classèrent une partie des terrains de la Tarentaise dans la formation jurassique ou dans celle du lias.

La marche de ces idées est exposée dans les mémoires du savant secrétaire de l'Académie des Sciences, et se trouve résumée dans le travail de M. Ducrotay de Blainville sur les bélemnites[2]. Ce dernier croit avoir reconnu dans les fossiles de Villette le *B. bisulcatus* du lias ; il convient cependant que la détermination en est douteuse. M. Élie de Beaumont, en rapportant ces terrains au lias, généralisait la manière de voir de M. Keferstein ; mais il paraît qu'il avait généreusement fourni des indications au savant allemand, « en lui faisant part de ses idées sur la modernité « de beaucoup de terrains des Alpes, » dit M. de Blainville. Il est évident que cette nouvelle classification était d'une grande importance pour la géologie des Alpes.

Il y a encore, au centre de la vallée et en amont du monticule de Villette, d'autres petites collines de calcaire bréchiforme contenant des bélemnites. La plus voisine du village d'Aime est composée de schistes et de calcaires talqueux, traversés par de petites veines de spath calcaire

[1] Borson, *Mém. de l'Acad. de Turin*, XXXIII, 174, et Férussac, *Bulletin*, 1831, XXVI, 153. — Brochant de Villiers, *Ann. des Mines*, 1817, II, 263.
[2] *Mém. sur les bélemnites*, in-4°, 1827, p. 49, 117.

blanc. Cette roche, qui a beaucoup de rapport avec les schistes rubannés du rocher de la Madeleine, est exploitée sous le village de Tessens et a attiré l'attention de M. de Mortillet[1]. Les couches sont dirigées du N. 30° E. au S. 30° O. environ, et ce qui est important à noter, elles plongent à peu près de 45° au S.-E.; nous verrons qu'elles sont renversées.

Sur les monticules de Villette on remarque des blocs erratiques: quelques-uns sont formés de la roche verte et dure dont j'ai déjà indiqué la présence près du Bourg St-Maurice et à Hautecour. Brochant de Villiers les a signalés depuis longtemps[2].

Quoique les environs de Villette présentent des irrégularités de stratification, il est évident que la masse des calcaires à bélemnites est comprise entre deux grandes zones de cargneule plus ou moins accompagnée de gypse. Celle du N. passe au col Borson, et entre Villette et Montgirod; celle du S. se voit entre Granier et Aime, et entre ce village et Villette: elle continue à Longefoi.

Cette dernière zone de terrain triasique sépare le terrain jurassique de Villette du terrain houiller d'Aime. Les couches de ces roches diverses plongent à peu près au S.-E., en sorte que, contrairement à la position normale, le terrain houiller s'appuie sur le terrain triasique et celui-ci sur le terrain jurassique. La coupe de la Pl. XXIV, fig. 16, donnera une idée de cette disposition. On y voit:

h = Grès et terrain houillers.
ca = Cargneule et gypse triasiques.
ar = Schistes argilo-talqueux.
L = Calcaire jurassique de Villette.
j? = Terrain probablement jurassique ?

[1] *Min. et Géol.*, § 183.
[2] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 363.

Ce même renversement s'observe encore près d'Aime, au Petit St-Bernard et au col des Encombres.

En continuant à suivre la route de Moûtiers au Petit Saint-Bernard, on traverse le torrent qui descend du col du Grand-Cormet ; le lit en est occupé, à une certaine élévation au-dessus du village, par la cargneule ; au delà on ne voit plus que le terrain houiller qui s'étend d'Aime au Bourg St-Maurice. J'en ferai la description plus loin (§ 653), parce qu'elle est intimement liée à la structure générale de la Tarentaise, et qu'avant d'arriver à ce sujet, je tiens à faire connaître encore quelques observations nécessaires à cette étude. Je les ai recueillies en allant de Beaufort à Moûtiers par le col de la Louza et le Grand-Mont (§ 645), puis en passant le col du Grand-Cormet (§ 646) et le col Borson (§ 649).

§ 643. — Dans le récit de ma course **de Beaufort à Moûtiers** par le col de la Louza et le Grand-Mont, je ne rappellerai point ce qui a déjà été dit sur le *massif granitique* de Beaufort (§ 624). On ne voit au S. du Doron, qui le traverse, qu'une petite partie des roches dont il est composé : ce sont des granits porphyroïdes (*po*, Pl. XXIV, fig. 19). Sur la route d'Arèche on observe des schistes cristallins presque verticaux (*s*) ; et en face du **village des Praz**, sur la gauche du torrent, un grand lambeau de *calcaire à bélemnites* (*L*), plaqué contre les schistes cristallins dont il est séparé par la *cargneule* (*ca*). Ce calcaire a pour prolongement les roches de même nature de la vallée de Hauteluce et de Cevins. Sur le chemin de Beaufort à Arèche (rive droite du torrent) on ne voit pas de calcaire en place, mais des blocs de calcaire cristallin gris, micacé, qui sont tombés de la montagne. On trouve, dit-on, sur cette même montagne des traces d'anthracite, ce qui

fait supposer que le **terrain houiller d'Arèche** (1028 mètres) se relève jusque près de son sommet.

Le terrain houiller de cette localité mériterait une étude spéciale; les couches plongent de 60° environ au S.-E., en sorte qu'elles paraissent s'enfoncer sous les granits du Grand-Mont. Au-dessus des *schistes cristallins* (*s*) dont je viens de parler, on observe des *schistes talqueux gris et verts* (*sv*) qui sont fréquents dans le terrain houiller des Alpes. Ils sont dominés par des *grès et des schistes noirs* (*hp*) contenant de l'anthracite; on y a trouvé, je crois, quelques empreintes de plantes. Au-dessus on voit de nouveau le *schiste talqueux gris et vert* (*sv*) associé à un grès qui rappelle le *grès arkose* (*ak*)[1] et surmonté par la *cargneule* (*ca*). Plus haut vient une série de *schistes cristallins* (*s*), puis le vrai *granit* (*gr*) de la vallée de Poncellamont, en sorte que le terrain houiller d'Arèche est compris entre le massif granitique de Beaufort et celui du Grand-Mont. Le terrain houiller de Petit-Cœur est sur le revers méridional du Grand-Mont, tandis que celui d'Arèche est sur le revers N. de cette montagne; il se prolonge, dit-on, dans le vallon de l'Adraï (ravin de la Corbassière), plus au S.-O., au col de la Batie (§ 631). Peut-être au N.-E. passe-t-il au gisement énigmatique du Célestet et à Colombe?

§ 644. — Du village d'Arèche on peut se rendre à Roselen, en passant le col de **Char-de-Montagne** (1710 mètres), près du village de Boudin. Les jonctions des roches ne se voient pas; mais on comprend que le *calcaire* des montagnes situées au S., repose sur la *cargneule* et le *gypse*, qui s'appuient à leur tour, près du hameau des Intrus, sur le *schiste vert* et le *grès* à cristaux de quartz, semblable au grès arkose et au grès des Floriers.

[1] Il a été omis par erreur dans la fig. 19.

§ 645. — Si du village d'Arèche nous continuons à remonter le vallon de **Poncellamont,** nous suivrons un sentier pittoresque, passant au travers de beaux bois situés au bord d'un torrent impétueux. Un peu avant l'oratoire de Ste-Barbe, le *granit* à petit grain (*gr*) forme des filons qui traversent les schistes cristallins (Pl. XXIV, fig. 19). A St-Guérin (1525 mètres), ce même granit est mieux développé, et il est accompagné de *gneiss* (*s*). On peut regarder ces roches comme faisant partie du massif du Grand-Mont qui s'élève sur la rive gauche du torrent; peut-être sont-elles le prolongement du gneiss porphyroïde de Cevins qui se trouve à la base occidentale de cette montagne.

Après St-Guérin les roches cristallines cessent tout à coup. La vallée change d'aspect : elle devient plus ouverte, et les pâturages cachent la *cargneule et le gypse* (*ca*) si développés au col de la Louza et à Char-de-Montagne. Ces dernières roches doivent nécessairement être comprises entre les schistes cristallins et les calcaires argileux, en partie jurassiques, qui forment les grandes montagnes de la portion supérieure du vallon de Poncellamont. Il se pourrait qu'il y eût également au-dessous du sol quelques traces du terrain houiller : car on est ici sur le prolongement de celui de Petit-Cœur.

Au delà de la chapelle de St-Guérin deux chemins se présentent : l'un conduit à Moûtiers par le col de la Louza; l'autre à Aime par le Grand-Cormet. Nous allons parler successivement de ces deux passages.

L'ascension du **col de la Louza** (2137 mètres) se fait dans de grands pâturages, près de la limite du gneiss et des schistes argileux probablement jurassiques. On peut, en se dirigeant de là au N.-O., atteindre facilement le **Grand-Mont** qui s'élève à 2720 mètres au-dessus du niveau de la

mer. Cette montagne a eu de la réputation pour ses nombreuses *cristallières*, dans lesquelles on a recueilli du quartz hyalin [1]. De grandes veines de cette substance traversent le revers N. de la montagne.

Je me suis trouvé au sommet du Grand-Mont dans un épais brouillard, en sorte que je ne pus voir que les roches que je foulais aux pieds. Voici la coupe de cette montagne dont la composition est assez problématique, et qui renferme peu de roches cristallines à sa partie supérieure (Pl. XXIV, fig. 17) :

1. Calcaire jurassique? situé au S.-E. du col de la Louza.

2. Calcaire rugueux, dolomitique, talqueux, contenant des veines de quartz, renfermant des cailloux et passant au grès.

3. Ardoise noire, jurassique ou triasique.

ca. Cargneule. Ces deux dernières couches forment le col de la Louza.

4. Gneiss ou schiste talqueux très-cristallin, dont les joints plongent au N.-O., c'est-à-dire contre la grande montagne.

5. Schiste noir, renfermant des pyrites décomposées.

6. Grosse veine de quartz.

7. Schiste noir, semblable au nº 5.

8. Roche singulière d'un gris jaunâtre, qu'on prendrait au premier coup d'œil pour une brèche formée d'éléments cristallins. La base est composée de quartz grisâtre et de feldspath blanchâtre; elle renferme de petites masses anguleuses de matières chloriteuses ou micacées; mais le quartz présente souvent dans sa cassure une forme hexagonale, ce qui est un des caractères des porphyres. Je n'ai pu me

[1] *Journ. des Mines*, an III (1795), I, nº IV, 71.

former une opinion bien arrêtée sur cette roche qui est associée à du grès, à des cargneules et peut-être à des protogines. Elle m'a paru être le prolongement du grès des Floriers et de celui de la Grande Pierrière.

9. Grès blanc très-siliceux.

10. Schiste cristallin verdâtre à grandes lames de talc ou de mica (semblable à celui de Bionay, § 554).

ca'. Cargneule.

11. Grès semblable au nº 9, blanc, siliceux.

12. Schiste talqueux, semblable au nº 10.

ca''. Cargneule avec grès noir.

13. Grès blanc très-siliceux, très-développé, formant le sommet du Grand-Mont et renfermant des fours de cristaux.

ca'''. Cargneule au pied du premier escarpement. Cette couche est, je crois, celle que M. de Mortillet a signalée[1]. On voit donc dans cette montagne des roches qui paraissent cristallines, associées sous forme de couches avec des roches évidemment sédimentaires. Elles mériteraient d'être mieux étudiées que je n'ai pu le faire.

Le chemin qui descend du col de la Louza à Naves suit l'affleurement de la cargneule dans le val de la Grande Maison. Cette roche se montre avec beaucoup de gypse dans la montagne qui sépare ce vallon de celui de Naves. Au-dessous du gypse on voit des schistes cristallins talqueux ou micacés. — J'ai déjà parlé de la route de Naves à Moutiers (§ 637).

§ 646. — Revenons maintenant à la chapelle de St-Guérin, vallée de Poncellamont, pour suivre le sentier qui conduit de là à Aime par le **passage du Grand-Cormet.** En quittant les *roches granitiques* (nº *1*, Pl. XXIV, fig. 19),

[1] *Min. et Géol.*, § 145.

qui présente un grand développement. Les cailloux y sont, en général, associés à des schistes argileux lustrés; ils sont de calcaire saccaroïde, peut-être dolomitique, souvent talqueux (cipolin); étant mal arrondis, ils donnent à la roche une apparence bréchiforme. Ils varient en grosseur du volume d'un mètre cube jusqu'à celui d'un pois, et diminuent assez pour prendre l'apparence d'un grès qui ressemble à de la mollasse: la roche est donc une brèche passant au conglomérat ou au grès. Elle est traversée par des veines de quartz ou de spath calcaire. Les cailloux dolomitiques se décomposent fréquemment en prenant une teinte jaunâtre. La roche a parfois un aspect granitoïde, elle n'a cependant aucun rapport de composition avec le granit. Elle est difficile à classer, parce qu'elle ne renferme pas de fossiles. M. de Mortillet pense que l'époque de sa formation est postérieure à celle du terrain liasique. Il dit encore que ce dépôt est peut-être un produit lacustre, mais il ne le classe pas définitivement[1].

§ 647. — Cette roche ressemble au calcaire brèche du Chablais, qui est liasique; d'un autre côté elle paraît être le prolongement des couches de grès des Aiguilles d'Arve en Maurienne qui, d'après M. Élie de Beaumont, sont les mêmes que celles sur lesquelles l'Isère coule entre Villette et Aigueblanche[2]. Les roches des Aiguilles d'Arve ont été classées par M. Lory dans le terrain nummulitique[3]; mais, entre ces montagnes et le Grand-Cormet, se trouve le Perron des Encombres dans lequel on a reconnu des contournements extraordinaires (Pl. XXV, fig. 1 et 4), et il ne serait pas impossible qu'une partie des difficultés du classe-

[1] *Min. et Géol.*, § 186.
[2] *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XIV, 123 et XV, 356.
[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1863, XX, 232, pl. III.

ment des couches du Grand-Cormet tînt à des contournements, et que cette section fût beaucoup moins simple que celle donnée par M. Sismonda et que j'ai reproduite (Pl. XXVII, fig. 6)[1]. En définitive il paraît, comme je l'ai dit, que les schistes argileux lustrés et les brèches calcaires appartiennent au terrain triasique[2].

§ 648. — Lorsqu'en 1860 j'arrivai de Beaufort au point du col du Grand-Cormet d'où l'on découvre la vallée de la Tarentaise et les montagnes des environs de Pesey, situées à 12 ou 13 kilomètres de distance, mon attention fut attirée par la couleur jaune rougeâtre d'une roche qui occupe une zone d'une certaine étendue dans les montagnes **au-dessus de Pesey**, et en avant de laquelle est une autre zone moins large d'un blanc grisâtre. Connaissant la présence du terrain houiller dans le fond de la vallée de l'Isère, j'appliquai à cette région l'ordre de superposition des terrains que j'avais indiqué dans mon mémoire de 1859[3], et je présumai que le quartzite formait la zone la plus rapprochée, la cargneule celle qui était la plus éloignée, et qu'au delà on trouverait des calcaires bleuâtres. Hélas ! je n'avais pour confidents de mes spéculations que mon guide et son mulet ; je cherchai vainement à expliquer au premier l'intérêt qu'il y avait à vérifier ces conjectures. Le lendemain je me rendis à la mine de Pesey, enchanté d'avoir l'occasion de chercher, dans un pays nouveau pour moi, la confirmation de mes idées sur la succession des couches dans les Alpes, qui n'étaient pas généralement partagées.

Voici le résumé de mes observations durant cette course.

[1] *Mém. de l'Acad. de Turin*, 1841.

[2] Cette opinion vient d'être rendue très-probable par le travail de MM. Lory et Vallet (§ 658).

[3] *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève.*

En partant d'Aime (705 mètres), on voit le grès houiller gris, micacé, en couches verticales le long de la route de la Côte-d'Aime. Il renferme beaucoup de veines d'anthracite dont quelques-unes sont exploitées, et dans les galeries on a trouvé des dépôts d'arragonite. Au pont de Landry, les couches du *terrain houiller* (*18*, Pl. XXIV, fig. 19), dans lesquelles Brochant de Villiers a signalé la présence d'empreintes de plantes[1], sont dirigées du N. 25 à 30° E. au S. 25 à 30° O., et sont toujours dans une position voisine de la verticale. Cette formation est développée jusqu'à Pesey et au delà, comme le prouve la mine d'anthracite de la Corbassière, située au-dessus du village. En face des Moulins on observe un grand éboulement formé de quartzite avec quelques blocs de granit qui, je pense, sont erratiques. Cet éboulement provient de la montagne nommée Croix de Critozan (rive gauche du torrent, carte du Piémont au 50 000e), qui est en grande partie composée de *quartzite* (*19*) s'appuyant sur le terrain houiller. La *cargneule* (*20*) forme une grande couche plongeant au S.-E. et s'appuie sur cette roche. La mine de Pesey, qui est ouverte dans la cargneule renferme, d'après Brochant de Villiers, du gypse et de l'anhydrite[2]; on trouve dans les débris de l'exploitation le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, qui caractérise le terrain triasique, et qui se rapporte probablement à la roche que ce savant ingénieur nommait schiste argileux stéatiteux. La cargneule est surmontée d'un *quartzite* (*21*), ayant souvent une teinte violacée et divisé en couches presque verticales quoique recourbées.

Le terrain houiller ne s'étend guère au delà de Nancrouet (rive droite); le quartzite lui est superposé avec une stra-

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 358.
[2] *Ann. des Mines*, 1817, II, 280.

tification qui paraît être transgressive sur celle des roches carbonifères; mais dans un pays aussi disloqué que celui-ci on ne peut attacher de l'importance aux discordances de stratification. Le terrain houiller s'étend donc, en couches à peu près verticales, du sommet du mont Plovezan au N. d'Aime jusqu'à Nancrouet près de Pesey, sur une étendue d'environ dix kilomètres, en sorte qu'en supposant que ce terrain ne soit replié qu'une fois sur lui-même, il aurait une puissance de 5000 mètres. Il est évident que, s'il était replié plusieurs fois, son épaisseur serait moins grande; mais rien ne me porte à admettre cette dernière supposition.

J'avais déjà atteint une partie du but de ma course, en constatant la présence de ces terrains et la régularité avec laquelle la formation triasique succède à la formation houillère; mais je continuai, et j'observai au delà des *quartzites (21)*, un amas de *schistes calcaréo-talqueux (22)*, du *calcaire bleu noirâtre (23)*, tous deux en couches verticales. Le dernier est au sommet d'un grand cône de déjection peu incliné, situé en amont de la mine de Pesey. Plus loin on voit reparaître le *quartzite (24)* très-bien stratifié; il s'appuie au S.-E. sur le *schiste cristallin talqueux (25)*. Cette roche, quoique très-quartzeuse, est pourtant légèrement effervescente avec les acides; M. Sc. Gras l'appelle: roche cristalline du terrain anthracifère[1]. La carte géologique de France attribue à ce terrain la couleur des vraies roches cristallines.

La fatigue et le mauvais temps m'empêchèrent d'examiner en détail cette localité, mais ce que j'ai vu est suffisant pour vérifier la classification des terrains de cette

[1] *Ann. des Mines*, 1854, V, 475.

partie de la Tarentaise et la justesse de la supposition que j'avais faite du haut du Grand-Cormet.

On sait que dans la mine de Pesey on exploite depuis fort longtemps un filon de plomb argentifère ; je ne l'ai pas visitée, et je renvoie pour sa description aux mémoires qui ont été publiés à son sujet[1].

§ 649. — Avant de parler du terrain houiller des environs d'Aime, je décrirai le passage du **col Bresson**[2] ou **Borson**, situé à l'E. du col du Grand-Cormet, qui lui est parallèle. En sortant d'Aime on suit la rive gauche du ruisseau de Combozel, formée de grès houiller, tandis que la rive droite est de calcaire ; entre ces deux roches se trouve la cargneule qui occupe le lit du torrent jusqu'aux Chavonnes près de Granier, et qui disparaît plus haut pour se montrer de nouveau en face de la Gîte d'Aval, d'où elle va rejoindre la grande masse de cargneule du ravin de l'Arbonne plus à l'E. Le terrain houiller d'Aime paraît donc être séparé des roches calcaires par la cargneule sur une grande étendue ; on le trouve sur le sentier du col jusqu'au-dessus de Fontaine-Noire, et il s'élève encore près de la cime du mont Plovezan.

Au-dessus des Chavonnes d'en-haut, on trouve avec la cargneule du calcaire cristallin qui, à Bon-Pas, est en couches plongeant au S.-E. On voit sur le chemin une terre réfractaire grise, qui paraît être un dépôt glaciaire et qui contient des cailloux polis.

Les misérables chalets de la Balme, à peu de distance du

[1] Brochant de Villiers, *Ann. des Mines*, 1819, II, 282. Rapport à l'appui du cahier des charges de location ou de vente des mines royales de Savoie, par M. A. Pillet (rédigé vers 1851 ?).

[2] Il porte ce nom dans la *Statistique du départ. du Mont-Blanc*, par Verneilh, p. 109 ; les paysans le nomment col Borson.

col Borson, sont au S.-O. du mont Gargant, montagne élevée, pointue et composée de la brèche calcaire que j'ai signalée au col du Grand-Cormet. Cette roche repose sur la cargneule qui forme le sol d'une combe à l'extrémité de laquelle se trouve le lac du Mont-Rosset: cette combe sépare le mont Gargant de la montagne de Chardausse [1], qui est située au centre d'un soulèvement. Après la cargneule, en allant à l'O., on trouve de la dolomie, puis le grès arkose qui occupe un très-grand espace. Je n'ai pu prendre qu'une coupe assez approximative de la succession des roches qui se montrent près du col Borson, parce qu'il faisait très-mauvais temps lorsque je l'ai passé, et que la structure des montagnes du voisinage m'a paru fort compliquée; cependant j'ai représenté cette coupe dans la Pl. XXIV, fig. 18; on y voit les roches suivantes:

1. Calcaire cristallin blanchâtre.

2. Brèche calcaire ou poudingue calcaire, au-dessous de la roche précédente. Elle paraît occuper la position de l'infra-lias, mais je n'ose affirmer qu'elle appartienne à cet étage.

3. Cargneule.

4. Dolomie.

5. Grès arkose en couches verticales.

6. Massif fort élevé, nommé Pierre Menta, formé de brèche calcaire ou de poudingue calcaire.

6′. Brèche calcaire reposant sur le grès arkose.

7. Ardoise noire.

8 et 9. Mélange d'ardoise et de calcaire argileux probablement jurassique, formant la crête située sur la rive gauche du val de Trécol et s'étendant jusqu'au col de Char-

[1] La montagne de Chardausse est à l'O. du Mont-Gargant et non pas là où elle est indiquée sur la carte de l'état-major sarde.

de-Montagne où il s'appuie sur le gypse et la cargneule nº 10. Il porte le nº 2 dans la fig. 19, Pl. XXIV.

Le col Borson, qui est très-facile à passer à pied, offre quelques dangers pour un mulet; les montagnes qui l'entourent le rendent pittoresque et sauvage. Après l'avoir franchi et en descendant du côté du N., on arrive dans les pâturages monotones du val de Trécol. En les traversant, mon attention a été attirée par une source qui dépose un tuf ochreux et par deux moraines d'anciens glaciers qui rappellent les *parallels roads* de Glen-Roy en Écosse. Au débouché de ce vallon, le sol est composé de schistes cristallins dont la surface est occupée par de beaux rochers et d'antiques forêts; ces schistes sont recouverts par des grès arkoses, et ceux-ci par le gypse et la cargneule qui passent à Char-de-Montagne.

En face du débouché, et sur la rive droite de la vallée de Roselen, on observe des blocs erratiques provenant du val de Trécol (§ 626). Leur présence démontre que cette vallée a été occupée par un ancien glacier qui descendait du côté de Beaubois et dont l'épaisseur peut être évaluée à 200 mètres au moins, parce qu'il a passé le col de Char-de-Montagne (1710 mètres) sur lequel il a laissé des blocs erratiques calcaires.

§ 650. — Après être sorti du val de Trécol, on atteint facilement Roselèn, et l'on peut passer aux Chapius et au Bourg St-Maurice, pour achever le tour du massif du Grand-Mont. De Roselen aux Chapius (§ 627) on franchit le passage du Petit-Cormet ou col de Roselen. J'y ai trouvé des bélemnites. Au delà, le sentier traverse les grands pâturages du col du Plan de la Lai ou de l'Allée (1960 mètres), parsemés de monticules dont la plupart sont d'anciennes moraines de glaciers. On passe devant la vallée de

la Neuva qui s'étend au S. jusqu'à l'Aiguille du Grand-Fond. Cette vallée renferme beaucoup de blocs erratiques et d'anciennes moraines, et on peut, dit-on, en la remontant et en franchissant les neiges qui en occupent la partie supérieure, arriver au col Borson.

La roche la plus ancienne de cette vallée est le grès arkose qui atteint parfois une grande hauteur; il est surmonté par des schistes argileux noirs qui renferment, à ce que l'on assure, quelques traces d'anthracite sur la rive droite du torrent, près des Chapius; mais je n'ai su y trouver ni charbon, ni empreintes de plantes. Au-dessus on voit des calcaires saccaroïdes blancs, dominés eux-mêmes par la brèche calcaire du val de Trécol.

§ 651. — En allant des Chapius au Bourg St-Maurice, on traverse par une cluse étroite une partie de la chaîne dont nous avons vu la coupe au Grand-Cormet. Ici les montagnes paraissent presque uniquement formées de brèche calcaire et de calcaire micacé gris ou cipolin. Les escarpements de la cluse sont très-abruptes jusqu'à Crêt-Bétet: là le vallon s'élargit, et l'on remarque un beau contournement dans les couches de la rive droite. On passe à Bonneval, où l'on exploitait anciennement une mine de plomb; puis à l'entrée du vallon de Beau-Pré, où l'on observe une belle moraine glaciaire avec des blocs d'éclogite et de pétrosilex, de même espèce que ceux de Villette et de Hautecour. Brochant de Villiers a signalé ici la présence de blocs d'amphibole en masse fibreuse, dont il n'a pu découvrir la provenance [1]. Enfin, au Chatelard, non loin du Bourg St-Maurice (851 mètres), on voit une carrière de marbre saccaroïde.

§ 652. — Pour terminer l'examen du massif du Grand-

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 364.

Mont, nous nous dirigerons à l'O., du côté du ravin de l'Arbonne dont la partie supérieure est occupée sur la rive droite, par le terrain houiller avec anthracite, et sur la rive gauche par le gypse et la cargneule triasiques. Ces roches s'étendent entre le terrain houiller et les masses de calcaire cipolin qui sont plus au N. et à l'E. On peut observer quelques amas d'anthracite dans le gypse et dans la cargneule, comme au Célestet (§ 626), à St-Gervais (§ 552), et à la Dranse (§ 316), etc.

Dans le bas du ravin, on trouve quelques nids de cuivre gris, vert ou bleu, des pyrites de fer et de la plombagine; dans le haut on a reconnu la présence d'un amas de sel gemme qui a été exploité depuis longtemps; car d'après Grillet, on y travaillait avant l'an 1400[1]. Plus tard le gouvernement piémontais fit murer l'ouverture de la mine; on y a refait cependant quelques travaux qui sont fort endommagés maintenant par les éboulements. Ils étaient entrepris dans des roches de gypse, de cargneule et d'anhydrite à côté du chalet de Sécheron.

Un peu au-dessus de la mine de sel, on voit un filon de fer oligiste. Cette substance est disséminée sous forme de petites étoiles ou de veines dans du fer carbonaté, lequel contient beaucoup de pyrites de fer. Non loin de là se montre une dolomie grise, renfermant des cristaux de feldspath (?).

La plupart des masses minérales situées dans le ravin de l'Arbonne ont subi des déplacements considérables. Mon guide prétendait qu'il y a environ 200 ans, le ruisseau du Nant-Blanc, un des affluents de l'Arbonne, resta plusieurs années sans couler; pendant ce temps l'eau s'accumulait

[1] Grillet, *Diction.*, I, 405.

dans des cavités souterraines; puis tout à coup elle s'ouvrit un passage, et la débâcle fut si terrible qu'elle détruisit une partie du Bourg St-Maurice.

Cette localité a déjà plusieurs fois attiré l'attention des ingénieurs; on en a donné une description en 1795[1]. Il y est dit: 1° que les roches salées d'Autriche, de Bavière et du Tyrol forment avec celles de Bex et d'Arbonne une ligne à peu près droite! 2° que la salure des sources de Moûtiers provient du roc salé d'Arbonne. L'eau salée de la mine était jadis conduite par des canaux à des établissements d'exploitation situés dans la plaine, qui ont été détruits par une inondation. M. Lelivec nous dit que le sel est disséminé dans la chaux sulfatée, souvent anhydre[2]; on a reconnu également que le filon de fer oligiste mêlé au fer oxydé rouge, situé au-dessus de la mine de sel, est de bonne qualité, et qu'il a plusieurs mètres de puissance[3]. Enfin, M. Verneilh[4] signale avec raison cette localité comme remarquable par la variété des minéraux : il y indique le sel, l'anthracite, le fer oligiste, le plomb argentifère, le gypse, la pierre ollaire, quelques pierres savonneuses (talc?) et une grande masse de quartz stratifié contenant du spath pesant.

En résumé, abstraction faite de l'anthracite, les roches et les minéraux du ravin de l'Arbonne sont les suivants :

Cargneule.	*Dolomie.
Calciphyre.	*Baryte sulfatée.
Gypse.	*Sel gemme.
*Anhydrite.	*Quartz stratifié.

[1] *Journ. des Mines*, an III (1795), I, n° III, 69 et n° IV, 69.
[2] *Id.* 1806, XX, 490.
[3] *Id.* an XIII, XVIII, 134. Les appréciations de cette époque n'étaient pas toujours justes, témoin celle de Dolomieu sur la mine d'Entreverues (§ 384).
[4] *Statistique du département du Mont-Blanc*, 1807, 122.

* Fer oligiste.	Cuivre gris.
* Fer oxydé rouge.	» carbonaté vert.
* Fer carbonaté.	» » bleu.
* Fer sulfuré.	* Graphite.
* Plomb sulfuré argentifère.	

On peut remarquer que les substances minérales qui sont marquées d'un * dans la liste ci-dessus, ont été obtenues dans les laboratoires au moyen de l'action d'un chlorure convenablement dirigée, et presque toutes par des réactions dans lesquelles l'eau joue un certain rôle. Quant à la cargneule, au gypse et aux cuivres carbonatés, ils proviennent par décomposition de la dolomie, de l'anhydrite ou du cuivre gris.

§ 653. — Le terrain houiller de la rive droite du ravin de l'Arbonne, qui s'étend jusqu'à Aime et s'élève jusqu'au Mont-Plovezan, est composé d'un grès plus ou moins micacé, gris noirâtre, ressemblant parfois à de la mollasse, d'autres fois au grès houiller, contenant peu de poudingue, mais renfermant des schistes plus ou moins argileux, associés à un très-grand nombre de veines d'anthracite qui sont exploitées en maints endroits. Ce terrain fait partie d'une zone de même nature, qui commence en Dauphiné, près de Briançon, d'après la carte de M. Lory[1], et qui arrive en Maurienne par l'espace compris entre le col du Galibier et le Mont-Thabor. Il est développé dans la vallée de l'Arc entre St-Michel et Modane, ainsi que dans les environs de St-Martin de Belleville et aux Allues non loin de Moûtiers. Au S. de cette ville, il s'étend dans la vallée du Doron, de la Perrière à Villard près Champagny, dans cette dernière localité, comme aux Allues, on trouve du poudingue

[1] *Bull. Soc. géol. de France*, 1863, XX, 233 et *Descript. géolog. du Dauphiné*, 3e partie, 1864.

de Valorsine. Le terrain houiller continue dans les hauteurs de Macot et au-dessous de Pesey (§ 648). Après s'être étendu sur la rive droite de l'Isère entre Aime et le Bourg St-Maurice, il passe au S. du col du Petit St-Bernard, dans les environs du lac du Ruitor (§ 674), et près du Grand St-Bernard, d'où on le suit jusque dans la vallée principale du Valais, près de Sion et de Chandoline.

J'ai examiné ce terrain houiller sur les flancs du Mont-Plovezan. Dans toute cette montagne, remarquable par ses formes arrondies, on ne voit pas de roches en place à la surface du sol, excepté dans les environs d'Aime. La terre végétale y est puissante, et recouvre une espèce d'argile à poterie, fine, d'un gris bleu, qui repose sur les roches. Il est d'autant plus probable que ce limon a une origine glaciaire, qu'on voit des blocs erratiques à une énorme élévation sur les flancs du Mont-Plovezan. Je croirais volontiers qu'ils atteignent la hauteur de 1000 mètres au-dessus de l'Isère.

Le charbon à l'état **d'anthracite** se trouve presque partout dans ce terrain, mais en petite quantité. Il n'est presque pas un propriétaire du sol, qui ne possède une mine ou une carrière d'où il tire la quantité de combustible nécessaire à sa consommation; ce qui lui est d'autant plus précieux que son habitation est plus élevée au-dessus de la région des bois. Sans parler de ces petites mines peu importantes, je signalerai quelques-unes des exploitations d'anthracite. On en trouve cinq sur un espace de deux kilomètres et demi entre Aime et Bellentre; il y en a au-dessous de la grande route d'Aime au Bourg St-Maurice, ainsi qu'à Planéry, à la Corbassière, à la Frasse et au Laitelay près de Bellentre; elles sont nombreuses dans la commune de Mont-Valésan, et dans la commune des Chapelles (1301 mè-

tres), particulièrement entre Fondailles et Bon-Conseil. Sur la rive gauche de l'Isère, près des laveries de Roche et au-dessus de Praconduit, dans la commune de Macot, il y a des exploitations dans lesquelles on a recueilli des empreintes de plantes. L'on observe encore des mines d'anthracite à Longefoi, en face de Centron et de St-Marcel et à Hauteville près de N. D. du Pré. Brochant de Villiers a signalé la présence de végétaux fossiles associés à l'anthracite au Petit Saint-Bernard, à Landry [1], etc.

On trouve des renseignements sur ces mines dans la statistique du département du Mont-Blanc [2] et dans l'ouvrage de M. de Mortillet [3]. Je crois que, si le docteur Buckland avait eu connaissance de l'énorme quantité de charbon contenue dans cette puissante formation, il n'aurait pas dit qu'elle est « nulle dans les Alpes [4]. » Malgré les caractères remarquables de ce terrain, M. Sismonda a classé « dans « l'oxford-clay la grande masse de grès, plus ou moins mé« tamorphiques, qui s'étendent, depuis Villette, jusqu'au « delà du Petit Saint-Bernard [5]. »

Il résulte des renseignements pris auprès des paysans et des mineurs, et de ceux que je dois à l'obligeance de M. l'ingénieur Lachat, que les couches du terrain houiller de la rive droite de l'Isère sont presque verticales, mais plongent, en général, légèrement au S.-E. en s'appuyant contre la chaîne du Grand-Cormet. Il y a donc ici un renverse-

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 358. M. Elie de Beaumont a publié une carte des contours de la région anthracifère des Alpes occidentales, dans laquelle beaucoup de gisements d'anthracite sont indiqués, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 670.

[2] *Journ. des Mines*, 1806, XIX, 445 et an III, I, n° IV, 63.

[3] *Min. et Géol.*, § 155.

[4] *Journ. de Physique*, 1821, XCIII, 41.

[5] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1844, I, 770.

ment dans les terrains, comme je l'ai dit en parlant de Villette (§ 642).

§ 654. — Il me paraît évident, d'après ce qui précède (Pl. XXIV, fig. 19), que le terrain houiller occupe le centre de la vallée de la Tarentaise près d'Aime; il est en couches presque verticales s'appuyant sur la cargneule triasique au N.-O. et il est recouvert au S.-E. par les grès arkoses et les quartzites, qui sont surmontés à leur tour par des schistes argilo-ferrugineux, des gypses et des cargneules; la position de ce terrain houiller est donc normale. La symétrie des roches qui le flanquent soit au S., soit au N., est plus grande encore, car au delà des cargneules on observe des couches calcaires (sur l'âge desquelles il y a quelques doutes, il est vrai), et plus loin se montrent au N. les roches cristallines de St-Guérin, et au S. celles de Pesey.

Ainsi donc le terrain dont nous parlons, qui renferme de l'anthracite et des végétaux fossiles de l'époque houillère, est un vrai représentant de l'époque carbonifère. Il est le prolongement latéral de celui de Petit-Cœur qui, sur le revers S. du Grand-Mont, est à son tour le prolongement latéral de celui d'Arèche, situé sur le revers N. de cette montagne. Mais il y a entre le terrain houiller de Petit-Cœur et celui qui s'étend d'Aime à Pesey une différence d'épaisseur fort considérable, ce qui montre une fois de plus que le gisement de Petit-Cœur n'est normal sous aucun rapport, et qu'il ne peut servir à la classification des terrains alpins.

CHAPITRE XXVI

LE MONT-JOVET ET LA MAURIENNE

Le Mont-Jovet. De Moûtiers à Bozel, § 655. — De Brides au Mont-Jovet, 656.

II. De la Maurienne et des parties de la Tarentaise qui l'avoisinent. Importance de la géologie de cette région. Col de la Madeleine, fossiles jurassiques; terrain glaciaire. Vallée des Villards, 657.

Col des Encombres; Villarly près de St-Jean de Belleville. St-Martin de Belleville; terrain houiller; renversement des couches; la Grosse-Pierre, 658. — Les Alpes ont été plus élevées que maintenant, 659. — La Grosse-Pierre, fossiles liasiques, 660. — Végétaux du terrain houiller, 661. — Valorsière. Hermillon, 662.

Coupe de la Maurienne par M. Sismonda, 663. — Coupe de St-Jean de Maurienne à St-Michel, comprenant les terrains triasique, infra-liasique, jurassique et nummulitique. Bone-bed. Contournements des couches, 664. — De St-Michel à Modane, terrain houiller; structure en éventail et en fond de bateau; tunnel des Alpes, 665. — De Modane à Bramans; stratification du gypse. Groppite. Calciphyre. Calcaire de l'Esseillon; schistes lustrés, 666. — Conclusion, 667.

§ 655. — Avant de décrire la partie du Piémont (massif des deux St-Bernard) située à l'E. de la Tarentaise, je dirai quelques mots des montagnes de la rive gauche de l'Isère et de celles de la Maurienne, lors même qu'elles soient en dehors du cadre de ma carte géologique.

I. MASSIF DU MONT-JOVET A L'EST DE MOUTIERS.

En allant par la vieille route de **Moûtiers à Brides-les-bains**, dans la vallée du Doron, on observe au delà du grand rocher dolomitique de Melphe et du terrain houiller de Salins, dont j'ai déjà parlé (§ 638), sept affleurements de

gypse qui sont séparés par des calcaires argileux et des schistes lustrés. Toutes ces couches sont inclinées au S.-E., sauf peut-être vers le milieu de l'espace qu'elles occupent, où il semble qu'elles forment une espèce de voûte. Je n'ai pu réussir à obtenir une coupe normale ; cependant en supposant un certain nombre de failles convenablement placées, on arriverait à faire une coupe qui serait satisfaisante au premier coup d'œil.

Dans les grands rochers qui dominent le pont de Brides, M. l'abbé Vallet a découvert des traces d'*Avicula contorta*, Portl., ce qui classe ces couches dans l'étage de l'infralias. Elles sont en contact avec le gypse; celui-ci touche aux quartzites d'après M. Vallet, et plus loin se trouve le terrain houiller de **Montagny**[1]. Cette succession constitue une série normale, mais renversée, car toutes les couches plongent au S.-E. En continuant à cheminer du côté de Bozel, on voit bientôt que la stratification du terrain houiller devient de plus en plus verticale, et que près de Villemartin elle plonge au N.-O.; ce qui donne à ce terrain une structure en éventail semblable à celle que je signalerai en Maurienne entre St-Michel et Modane (§ 665); ce n'est pas étonnant, car ce massif de grès houiller de la vallée du Doron est le prolongement de celui de la Maurienne.

En cheminant encore du côté de l'E., on remarque, entre **Villemartin** et les Moulinets (Molaret de la carte de Piémont), une couche de quartzite qui flanque le terrain houiller; puis viennent les masses de gypse et de cargneule situées dans le haut du ravin de Bozel et à l'E. du village. Ces deux roches représentent le trias. Elles sont dominées par les calcaires cristallins du plan de Bramafan.

[1] Brochant de Villiers en a parlé. *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 358.

Nous trouvons donc, entre les environs de Brides et ceux de Bozel, un terrain houiller avec une structure en éventail, flanqué des deux côtés par des quartzites et des gypses triasiques, encadrés eux-mêmes par des calcaires infra-liasiques ou jurassiques. Voilà une régularité à laquelle on était loin de s'attendre il y a quelques années.

§ 656. — Je n'ai pu examiner que d'une manière incomplète la partie supérieure du Mont-Jovet; aussi ne donnerai-je que quelques notes sur ce sujet; je crois qu'il y aurait une étude intéressante à faire dans ce massif.

Lorsqu'on part de Brides pour s'élever jusqu'au sommet de la Grande-Côte (montagne voisine du Mont-Jovet), en passant dans les environs de Montagny, on ne voit pendant longtemps que du terrain houiller. Puis on peut se convaincre que les hautes sommités de la Grande-Côte, du Mont-Siflet, du **Mont-Jovet** (Mont-Jouvet, 2557 mètres, carte des ingénieurs sardes) sont formées de calcaires plus ou moins schisteux (peut-être jurassiques?) associés à des schistes lustrés talqueux. Ces roches sont limitées au N.-O. et au S.-E. par des affleurements de cargneule et de gypse triasiques; l'afffeurement du S.-E. est développé au-dessus de Bozel et se dirige au col de la Grande-Forclaz ou Fourclaz, dans la partie supérieure de la montagne. Dans le haut du ravin de Bozel, on observe de la serpentine, entre les couches de calcaire noir du Mont-Jovet et la formation du gypse; elle occupe une zone longue et étroite, qui passe à la croix du Mont-Jovet. Sur la ligne de contact de la serpentine et du calcaire, il s'est formé un marbre, résultat du mélange de ces deux roches. Près de là on voit également de la dolomie blanche, contenant des cristaux d'albite, qui a l'apparence d'un vrai calciphyre semblable à celui de la Maurienne. Le calcaire noir du Mont-Jovet

renferme aussi des cristaux d'albite identiques à ceux de Villarodin en Maurienne (§ 666). On observe encore deux couches minces de serpentine dans les calcaires magnésiens, situés au S. de la Croix du Mont-Jovet.

Au plan de Bramafan, à l'E. du gypse du ravin de Bozel, des calcaires gris cristallins forment de grandes masses et ressemblent aux roches infra-liasiques du pont de Brides. Enfin, en descendant de là aux Moulinets, on voit la superposition de ces calcaires au gypse triasique, lequel repose à son tour sur le grès houiller.

La direction des couches dans ce massif varie considérablement; en effet, certains strates du calcaire de la partie supérieure du massif sont dirigés du N.-E. au S.-O., tandis que d'autres courent du N.-O. au S.-E. Ces deux directions se retrouvent dans la descente qui sépare le col de la Grande-Forclaz du plan de Bramafan.

II. DE LA MAURIENNE ET DES PARTIES DE LA TARENTAISE QUI L'AVOISINENT.

§ 657. — Cette région a une certaine importance en géologie, parce qu'elle comprend des localités sur lesquelles on a déjà beaucoup discuté. Tels sont : le col des Encombres avec son beau gisement de fossiles, le col de la Madeleine où l'on a recueilli quelques ammonites, la rive droite de l'Arc avec ses étonnants contournements, etc.; enfin, M. Élie de Beaumont a désigné une partie de la Maurienne comme étant la clef de la géologie des montagnes du haut Dauphiné [1].

[1] *Comptes rendus*, 1859, XLIX, 188. — M. Albanis Beaumont, dans sa *Description des Alpes grecques et cottiennes*, donne quelques détails sur les mines de la Maurienne.

On peut se rendre de Moûtiers en Maurienne par le col de la Madeleine, ou par celui des Encombres. Lorsqu'on se dirige sur le **col de la Madeleine,** on traverse Aigueblanche, puis Douci (927 mètres), village aux environs duquel se montrent de grandes masses de gypse. On arrive au col (2002 mètres) en passant par de beaux pâturages qui recouvrent une énorme étendue de schistes argileux et argilo-calcaires, traversés par des filons de spath calcaire et de quartz. Ces roches constituent les montagnes jurassiques situées à l'E. du passage. Dans le centre du vallon et au col même, le gypse accompagné de cargneule est très-développé; il forme un affleurement qui s'étend des bords de l'Isère près de Douci, en face de Petit-Cœur, jusqu'aux bords de l'Arc près de la Chambre et au delà; évidemment il est le prolongement de celui du col de la Louza (§ 645). Un peu au N.-O. du col se trouvent des roches cristallines que je n'ai pas examinées.

On a recueilli quelques végétaux **fossiles** dans les schistes argileux à l'E. du col: M. le professeur Heer a eu l'obligeance de les déterminer, ce sont des empreintes de *Chondrites bollensis*, var. *elongatus*, Kurr, et de *Chondrites filiiformis*, Fisch. Ooster; plantes qui vivaient à l'époque du lias, et qui n'ont aucun rapport avec les espèces du terrain houiller. On a également trouvé quelques animaux fossiles qui ont été rapportés par M. L. de Buch [1] aux espèces suivantes :

Ammonites	Bucklandi,	Sow.
»	depressus,	Schloth.
»	Murchisonæ,	Sow.
Posidonia	Bronnii,	Braun.

[1] *Atti della Ottava riunione, etc., tenuta in Genova*, settembre 1846.

M. Valencienne, qui a examiné des fossiles provenant de de cette localité, n'a pu les déterminer d'une manière assez positive pour les rapporter avec précision à des espèces connues; cependant il a conclu de leur ensemble qu'ils appartiennent au terrain liasique [1].

M. de Mortillet y signale les espèces suivantes:

Ammonites Comensis, de Buch, ou Thouarsensis, d'Orb., du terrain liasique supérieur.
» Normanianus, d'Orb., du lias moyen.
» voisine de l'A. Collenoti, d'Orb., du lias inférieur [2].

M. Sismonda indique, dans cette même localité, les ammonites ci-dessous [3]:

Ammonites	bisulcatus,	Brug.	(lias inférieur, d'Orb.).
»	thouarsensis,	d'Orb.	(lias supérieur, d'Orb.).
»	Murchisonæ,	Sow.	(oolite inférieure, d'Orb.).
»	Backeriæ?	Sow.	(oolite inférieure, d'Orb.).

Je n'ai pas vu les échantillons sur lesquels ces déterminations ont été faites, mais j'ai reconnu les espèces suivantes parmi ceux que j'ai examinés:

Ammonites Murchisonæ, Sow.
» Sowerbyi, Miller.
» Opalinus? Rein.
» scissus, Benecke.
Posidonomya.

La dernière de ces ammonites, qui est très-voisine de l'*A. Niortensis*, d'Orb., se trouve, comme je l'ai dit (§ 619),

[1] Fournet, *Suite des Etudes sur la géologie de la partie des Alpes*, etc. *Aperçus historiques. Annales de Lyon*, 1849, I, § XXX.
[2] *Minéral. et Géol.*, p. 196.
[3] *Comptes rendus*, 1857, XLV, 947.

dans les Alpes bavaroises et tyroliennes, ainsi qu'en Galicie, dans l'étage bajocien; les trois autres espèces, appartenant aussi à cet étage, fixent l'âge des schistes argileux du col de la Madeleine. Le terrain liasique paraît plus à l'Est dans la même chaîne.

Près du sommet du col, on voit des traces évidentes du passage des anciens glaciers. Du côté de la Tarentaise, ce sont des blocs erratiques épars; du côté de la Maurienne, ce sont des moraines disposées de telle sorte que deux d'entre elles paraissent avoir été les anciennes moraines latérales d'un glacier, et une troisième la moraine médiane de ce même glacier. En descendant en Maurienne, on arrive à la Chambre. Le vallon qui forme le bas du col a été représenté par M. Lory[1]; je ne l'ai pas assez examiné pour pouvoir rien ajouter à la description qu'il a publiée.

M. Pillet a donné également une coupe de la **vallée des Villards** sur la rive gauche de l'Arc, en face de La Chambre. D'après lui, le terrain jurassique, qui est resserré entre deux montagnes granitiques, présente une structure en forme d'auge, et il est séparé de la masse granitique située à l'O. par un lambeau de terrain houiller renfermant de l'anthracite[2].

§ 658. — Passons maintenant à la description de la route que l'on suit en allant de Moûtiers en Maurienne, par le col des Encombres. On traverse Salins, dont j'ai déjà parlé, et l'on suit la vallée de Belleville dont le fond est formé de gypse et de cargneule. Sur la rive droite on voit près de Salins (§ 638), une petite étendue de terrain houiller et sur la rive gauche, des cimes jurassiques qui séparent cette vallée du col de la Madeleine. De l'une de ces cimes,

[1] *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XVIII, 712.
[2] *Mém. de l'Acad. de Savoie*, 1860.

le **mont Niélard**, se sont détachés des blocs de conglomérat, qui sont tombés sur les deux versants du col du Golet, et dans lesquels MM. Vallet et Lory ont découvert, en 1864, des *Gryphea cymbium* du lias moyen.

D'après ces deux savants [1], un peu avant **St-Jean de Belleville** et au-dessous du hameau de Villarly, le centre de la vallée est formé de lias schisteux en couches repliées en forme d'auge; les couches de la rive droite sont à peu près verticales et se succèdent dans l'ordre suivant: lias compacte, infra-lias, schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, gypse, schistes lustrés, séparés par une faille du terrain houiller dont les couches se redressent contre la vallée. Sur la rive gauche, la disposition des couches est la même, mais au-dessous du gypse il y a un grand développement de schistes lustrés et de calcaire micacé ou talqueux, associés à des bancs d'une brèche semblable à celle du col de la Seigne, du Grand-Cormet, etc. D'après cette coupe, ces savants rangent ce terrain dans les dépôts triasiques. Les fossiles des couches infra-liasiques sont: l'*Avicula contorta*, Port., le *Pecten Valoniensis*, Defr., la *Plicatula intusstriata*, Emm., et le *Mytilus psilonoti*, Quenst.

On va à St-Martin de Belleville en cheminant sur la cargneule et le gypse. Ces roches forment dans cette vallée deux affleurements presque parallèles: celui dont j'ai signalé la présence à Hautecour se montre près de St-Jean de Belleville et continue jusqu'à Hermillon en Maurienne, en passant par le col du Bonnet, tandis que la zone des roches triasiques qu'on voit à l'E. de Salins, suit la vallée du col des Encombres et descend en Maurienne non loin de St-Michel. Ce n'est que près de **St-Martin de Belleville** qu'on atteint le terrain houiller.

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 495, qui vient de paraître.

Je voulais prendre la coupe du col des Encombres transversalement, en sorte que de St-Martin de Belleville je remontai la vallée du Bettex. Toutes les montagnes qui en forment les flancs, y compris, je crois, le Grand-Peclet, appartiennent au terrain houiller et sont composées de schistes, de grès et de poudingue semblable à celui de Valorsine; elles renferment quelques exploitations d'anthracite, celle de Boismin est, dit-on, assez considérable.

Je remontai le nant de Tortolet sur les deux rives duquel je trouvai des empreintes de plantes du terrain houiller, je traversai le haut du nant de Gorrand et j'arrivai sur les sommités qui dominent le col des Encombres, entre le col et la *Grosse-Pierre*. Dans la grande étendue de grès houiller (*hp*, Pl. XXV, fig. 2) que j'avais traversée, on voit des couches dont la position rappelle la structure en éventail. Elles renferment quelques amas d'anthracite (*a*) et sont limitées du côté de l'O. par des couches quartzeuses et gypseuses sur lesquelles elles s'appuient, et qui n'étaient pas classées dans le terrain triasique lorsque je fis cette course: à cette époque il fallait démontrer, contrairement aux idées généralement reçues, qu'il y a un grand renversement dans les terrains de cette localité. En effet, M. Élie de Beaumont écrivait en 1857[1] : « Du sommet du col des « Encombres, on peut suivre de l'œil sur une longueur de « plusieurs lieues la superposition du système anthracifère « supérieur sur le massif calcaire qui contient vers le haut « le gisement de fossiles animaux ci-dessus décrits » (les fossiles liasiques de la *Grosse-Pierre* dont je vais parler). Pour ce savant, le terrain qui maintenant est classé dans la formation houillère, est supérieur dans cet endroit au ter-

[1] Sismonda, Sur les gisements de fossiles végétaux et animaux du col des Encombres, en Savoie. *Comptes rendus*, 1857, XLV, 951.

rain jurassique. Il en est de même pour M. Sismonda[1] : « Je m'attends, dit-il, à une foule d'objections, surtout de « la part de ceux parmi les géologues qui persistent à re- « garder comme houiller le terrain anthracifère des Alpes, « par la seule raison qu'il s'y trouve des empreintes de fou- « gères connues pour appartenir à cette époque-là. Si ceux- « ci se décident un jour à faire la course du col des En- « combres, en voyant la couche de calcaire pétri de fossiles « liasiques que j'y ai signalée, renfermée dans les schistes, « et les grès anthracifères sans la moindre apparence ni « de plissement, ni de renversement, ni de tout autre boule- « versement mécanique dans la superposition des couches, « mais que tout y est dans son état normal, ils se persua- « deront que les fougères houillères dans les Alpes exis- « taient avant, après et sans doute aussi pendant la for- « mation de ce calcaire pétri de fossiles liasiques. »

Maintenant le renversement des couches du col des Encombres a été reconnu, les roches situées entre le terrain houiller et le terrain jurassique sont classées dans le trias, et je crois que la coupe que j'ai donnée en 1859[2], et que je reproduis ici, a contribué à faire admettre ces deux faits.

Les couches **du col des Encombres** se succèdent comme dans la Pl. XXV, fig. 2, en les suivant non pas de bas en haut, mais des plus anciennes aux plus récentes (en admettant le renversement) :

1. Grès, schiste et poudingue du terrain houiller (*hp*).
2. Grès arkose (*ak*) souvent avec des grains de quartz rose, passant quelquefois à des quartzites.
3. Cargneule (*ca*) et calcaires blanchâtres cristallins.

Le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, qui ordi-

[1] Mém. cité.
[2] Mém. sur les terrains triasique et keupérien, 1859.

nairement est compris entre le grès arkose et la cargneule, manque là où j'ai passé, mais il se retrouve sur le revers occidental du col. L'ensemble de ces couches occupe la rive droite du vallon ; le fond de cette dépression est couvert de débris, et sur la rive gauche on voit de grands escarpements jurassiques au pied desquels, à environ une heure au N. du col, on remarque dans les éboulements un rocher très-volumineux qui porte le nom de **Grosse-Pierre.** Il est pétri de fossiles qui font ranger dans le terrain liasique les calcaires (*Li*) qui forment les escarpements dont il provient, et dont les roches s'appuient sur des calcaires argileux (*L*), qui appartiennent probablement à l'étage du lias supérieur. On voit ces derniers en montant au col du Châtelard. Ils sont associés à des grès en couches minces, et forment de grandes montagnes sillonnées par des ravins noirs.

Le renversement des terrains, qui est si bien marqué dans cette coupe, se retrouve, d'après M. Lory, de l'autre côté de la vallée de l'Arc, au Chardonnet, au col de la Ponsonnière et dans la vallée de la Guisane[1]. Nous l'avons déjà reconnu du côté du N.-E., entre Aime et le Grand-Cormet, et lorsque nous parlerons de la coupe générale de la Maurienne, nous verrons que l'observation de ce renversement a eu une heureuse influence sur l'explication de la structure géologique de cette région.

§ 659. — Avant d'aller plus loin, je veux chercher à démontrer que certaines **parties des Alpes ont été beaucoup plus élevées** qu'elles ne le sont maintenant[2]. En effet, il est évident que les couches (*Li*) et (*L*) du Perron des Encombres (qu'on peut reconnaître dans les fig. 1 et

[1] Lory, *Description géologique du Dauphiné*, p. 546 et 548.
[2] *Archives*, 1861, XII, 173.

4 de la Pl. XXV, quoiqu'elles y portent d'autres lettres), ayant été renversées, ont décrit un peu plus d'un quart de cercle, c'est-à-dire un arc d'environ 100 ou 110°. Or, quelle qu'ait été la nature du mouvement, qu'il ait été brusque ou lent, toutes les couches du Perron des Encombres ont dû être appuyées, emballées, si je puis me servir de cette expression, pour arriver, sans se rompre, de la position horizontale à la verticale et dépasser celle-ci. Il faut donc que les couches du col des Encombres, qui sont maintenant à environ 500 mètres au-dessous de celles du Perron des Encombres, aient été de 500 mètres au moins plus élevées que maintenant, pour étayer les couches de cette dernière montagne dans le mouvement qu'elles ont subi. Les couches du col des Encombres, alors plus hautes, devaient être appuyées à leur tour par leurs voisines, et l'on peut croire que toute la crête de ces montagnes dépassait les sommets qui existent aujourd'hui, y compris le Perron des Encombres, haut de 2825 mètres. Cette sommité et celles qui l'environnent ne sont que des restes épargnés par la dénudation qui a emporté les roches plus élevées. A quel moment cette grande érosion a-t-elle eu lieu? On peut supposer que la partie supérieure s'est écroulée lors du soulèvement, ou peu après. Mais il est hors de doute que le col des Encombres a été creusé par l'influence des anciens glaciers, et par l'action quotidienne des agents atmosphériques sur les roches triasiques et houillères qui sont très-friables. Je crois donc, en résumé, que diverses causes ont contribué à l'abaissement de la chaîne en général, et du col en particulier, et par conséquent, que l'un et l'autre ont eu, dans des temps relativement peu anciens, une élévation plus grande que maintenant. Cette conclusion a une certaine importance, parce qu'elle peut s'étendre à d'autres parties des Alpes :

on finit alors par comprendre que l'ensemble de cette chaîne a été naguère beaucoup plus haut que maintenant, ce qui est bien d'accord avec ce que j'ai avancé à propos du Mont-Blanc (§ 609) et des Aiguilles Rouges (§ 486).

§ 660. — Je reviens maintenant au beau gisement de fossiles de la **Grosse-Pierre**, découvert par M. le professeur Sismonda[1]. M. Élie de Beaumont en a donné une description très-exacte, à laquelle j'emprunte quelques notes en omettant plusieurs détails. « Le gîte fossilifère du col des « Encombres se trouve à la descente de ce col du côté de « la Tarentaise, entre le chalet situé au pied du col et les « granges de Genouillet, sur la rive orientale (?) du ruisseau « des Encombres....... Il appartient à la partie supérieure « du massif très-épais de calcaire schisteux gris, un peu « cristallin, que l'Arc traverse dans un défilé, entre St-Mi- « chel et St-Julien[2], que l'Isère traverse également dans un « défilé, entre Moûtiers et Aigue-Blanche, qui forme le Per « ron des Encombres, cime élevée de 2825 mètres, ... « et qui se continue d'une part jusqu'au col du Lautaret « en Dauphiné, et de l'autre jusqu'à St-Branchier et à la « Pierre-à-Voie, en Valais. La couche fossilifère ne forme « pas tout à fait l'écorce supérieure de ce puissant massif. « Elle est recouverte par 30 mètres au moins de couches « calcaires qui paraissent dépourvues de fossiles. Elle a 2 à « 3 mètres d'épaisseur, et elle couronne une assise de cal- « caire gris cristallin, avec petits filons spathiques...... Un

[1] 1° *Bull. Soc. géol. de France*, 1848, V, 411, où quelques espèces sont figurées. — *Arch. des Sc. physiq. et nat.*, 1849, XI, 144. — 2° *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 635. La liste des fossiles est accompagnée d'une coupe représentant la succession des couches; je l'ai reproduite dans la figure. — 3° *Comptes rendus de l'Académie des Sc. de Paris*, 1857, XLV, p. 942.

[2] Le Pas-du-Roc.

« éboulement qui s'en est détaché, et dont le point de dé- « part est encore visible, a jonché la pente de ses débris...... « L'un des blocs dont cet éboulement se compose ...... pré- « sente à l'œil de l'observateur une sorte d'*exposition pa- « léontologique.* » M. Élie de Beaumont nous donne encore les détails suivants : Le bloc a environ 10 mètres de hauteur sur 30 de largeur et 15 d'épaisseur, il renferme beaucoup de fossiles et entre autres de nombreuses ammonites dont plusieurs ont jusqu'à 20 et 30 centimètres de diamètre, mais il n'est fossilifère que sur une épaisseur de 2 à 3 mètres; la roche rappelle le calcaire congloméré de Villette et les poudingues calcaires que Dolomieu et Brochant ont signalés en divers points de la Tarentaise, etc.

La couche d'où provient la Grosse-Pierre est contemporaine de la roche liasique du Môle (§ 280), qui a également l'apparence d'une exposition paléontologique, et qui ne peut être séparée des roches de Meillerie. Je reproduis, en supprimant quelques noms de localités, le tableau des mollusques fossiles, qui y ont été recueillis par M. Sismonda.

Fossiles du col des Encombres, en Savoie.

Aptychus, esp. ind.	
Teudopsis Sismondæ, Bell.	
Belemnites, vois. du B. elongatus, Mill.	Lias moyen, d'Orb.
» vois. du B. irregularis, Schl.	id. supérieur, d'Orb.
Nautilus, voisin du N. truncatus, Sow.	id. supérieur, d'Orb.
» voisin du N. intermedius, Sow.	id. moyen, d'Orb.
Ammonites fimbriatus, Sow.	id. moyen, d'Orb.
» annulatus, Sow.	id. supérieur, d'Orb.
» jurensis, Ziet	id. supérieur, d'Orb.
» Bechei, Sow.	id. moyen, d'Orb.
» margaritatus, d'Orb.	id. moyen, d'Orb.
» cornucopiæ, Young.	id. supérieur, d'Orb.
» planicosta, Sow.	id. moyen, d'Orb.

Ammonites Thouarsensis, d'Orb.	Lias supérieur, d'Orb.
» radians, Schl.	id. supérieur, d'Orb.
» Henleyi, Sow.	id. moyen, d'Orb.
» esp. ind.	
Chemnitzia undulata, d'Orb.	id. moyen, d'Orb.
» esp. ind.	
Trochus, deux esp. ind.	
Pleurotomaria expansa, d'Orb.	id. moyen, d'Orb.
» rotellæformis, Dunk.	id. moyen, d'Orb.
» Nerei ? Munst.	id. supérieur, d'Orb.
» voisin du Pl. cœpa, Desh.	id. inférieur, d'Orb.
» deux esp. ind.	
Pholadomya liassina? Sow.	id. Sow.
» voisine du Ph. elongata, Munst.	
Corbula, deux esp. ind.	
Astarte, esp. ind.	
Lucina, esp. ind.	
Cyprina, esp. ind.	
Cardinia concinna, Ag.	id. inférieur, d'Orb.
» hybrida, Ag.	id. inférieur, d'Orb.
» esp. ind.	
Isocardia, esp. ind.	
Venus, deux esp. ind.	
Arca, six esp. ind.	
Mytilus decoratus? Goldf.	id. supérieur, d'Orb.
» deux esp. ind.	
Lima decorata ? Munst.	id. supérieur, d'Orb.
» inæquicosta, Munst.	
» punctata, Desh.	id. moyen, d'Orb.
» trois esp. ind.	
Avicula inæquivalvis, Sow.	Oxfordien infér. d'Orb.
Inoceramus vois. du I. pernoïdes, Goldf.	Lias supérieur, d'Orb.
Pecten priscus? Schl.	id. moyen, d'Orb.
» voisin du P. corneus, Sow.	id. moyen, d'Orb.
» voisin du P. subulatus, Sow.	id. supérieur, d'Orb.
Terebratula variabilis ? Schl.	id. inférieur, d'Orb.
Spirifer rostratus, de Buch.	id. moyen, d'Orb.
» tumidus, Ziet.	id. de Buch.

Nous verrons bientôt que cette même chaîne du Perron des Encombres est tout aussi intéressante à examiner du bas de la vallée que dans les régions élevées[1].

§ 661. — Le passage du col des Encombres est facile; on chemine toujours près de la jonction du terrain triasique et du terrain houiller, et l'on peut recueillir dans ce dernier les empreintes des végétaux suivants[2]:

Pecopteris	pteroides?	Ad. Br.
»	villosa,	Ad. Br.
»	oreopteridius?	Ad. Br.
»	arborescens??	Ad. Br.
»	Cistii??	Ad. Br.

§ 662. — Je n'ai jamais fait la descente du col à Saint-Michel; de la Grosse Pierre, j'ai passé par le vallon de **Valorsière** pour arriver au col de ce nom, appelé aussi **col du Châtelard**, et descendre à Hermillon près de St-Jean de Maurienne. Les grands ravins noirs qu'on suit en partant du col des Encombres, sont formés de roches jurassiques ou liasiques: ce sont des schistes argileux ou argilo-calcaires et des grès en couches peu épaisses. Quoiqu'une partie de ces couches appartiennent à des forma-

[1] M. Lory, après avoir donné en 1861 (*Bull. Soc. géol. de Fr*, XVIII) une coupe du col des Encombres, vient d'en publier une nouvelle (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 494) dans laquelle il introduit une faille, qui me paraît inutile, pour expliquer la disposition des couches de ce passage; mais d'après la description qu'il en donne, il semblerait que cette faille n'est pas visible et que c'est uniquement une idée théorique qui le porte à en admettre la présence, car en parlant de cette dernière section il dit: « Cette « coupe me paraît montrer clairement que la stratigraphie du col des En- « combres ne peut pas s'expliquer d'une manière complète par un simple « repli renversé, comme l'avait pensé M. Favre et *comme on l'avait géné- « ralement admis;* mais qu'elle devient très-facile à comprendre *dès que l'on « fait intervenir la faille* F'. » Je crois que trop souvent on suppose dans les Alpes la présence de failles, qu'on ne voit pas.

[2] Sismonda, *loc. cit.*

tions plus récentes que celle de la Grosse Pierre, il en est d'autres plus anciennes; car on retrouve au col des roches triasiques (grès quartzeux, schiste argileux rouge et cargneule) qui ont un si grand rapport avec les couches de Matringe (§ 298), que M. l'abbé Vallet a eu l'idée de chercher au-dessus d'elles des *Avicula contorta*, Portl., et qu'il a réussi à en trouver en 1861. C'est près de là qu'en 1864 MM. Lory et Vallet ont trouvé, au col de Varbuche, une couche renfermant des nummulites, qui est le prolongement de celle de Montricher sur la rive droite de l'Arc.

En descendant du col du Châtelard dans la direction d'**Hermillon**, on chemine sur des cargneules. A Mont-André, les ardoises alternent avec des cargneules, des dolomies et des grès bruns rougeâtres. Plus bas viennent des roches douteuses (peut-être du terrain houiller?) qui forment un grand monticule au-dessous de Mont-André.

Sur la rive gauche de l'Arc, au pont d'Hermillon et à la base du **Rocheray**, on rencontre des roches granitiques avec de belles veines d'amphibole. De Saussure nous apprend que cette montagne renferme dans sa partie supérieure un filon de spath fluor, et M. de Saint-Réal disait à mon illustre compatriote, que l'on peut comparer le Rocheray à un cabinet de minéralogie[1]. En suivant la base de cette éminence, on gagne St-Jean de Maurienne (578 mètres) en quelques instants.

§ 663. — Quelque intéressante que soit l'étude de la Maurienne au point de vue de la géologie, je ne veux pas décrire en entier cette contrée. Je ne donnerai qu'un résumé des nombreuses observations dont elle a été le théâtre dans ces dernières années, surtout dans la partie qui est

[1] *Voyages*, § 1199.

comprise entre St-Jean de Maurienne et le fort de l'Eseillon au delà de Modane. Elle a joué un rôle important dans la discussion relative à l'âge du terrain anthracifère, comme on le verra dans l'histoire du terrain houiller.

M. Sismonda a donné deux coupes de cette portion de la Maurienne ; l'une en 1852[1], dont nous parlerons plus loin, l'autre en 1855[2]; je l'ai reproduite dans la Pl. XXV, fig. 3. Elle représente le flanc Nord de la Maurienne ou rive droite de l'Arc ; en voici l'explication d'après le savant piémontais :

1. Granite protoginique.
2. Roches cristallines métamorphiques.

Système ou terrain anthracifère inférieur (lias).

3. Schiste ardésio-calcaire avec anthracite, empreintes de fougères, Bélemnites, Ammonites, etc.
4. Calcaire schisteux, cristallin, noirâtre, avec fossiles du lias supérieur.
5. Calcaire de Villette, çà et là métamorphosé en gypse (de la grande oolite, d'après quelques fossiles trouvés au col de la Madeleine???).

Système ou terrain anthracifère supérieur, représentant la partie inférieure de l'oxford-clay.

6. Schiste rougeâtre, avec des taches vertes.
7. Poudingue quartzeux rougeâtre, et quartzite.
8. Grès à petits et à gros grains, grisâtres.
9. Grès psammitique passant au schiste argileux.
10. Anthracite des deux systèmes ou terrains.

Je n'ai jamais entendu parler d'anthracite, ni d'em-

[1] *Acad. de Turin*, XII.
[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, XII, 632. — Voyez encore sur la Maurienne les mémoires de MM. Elie de Beaumont. *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XV, 353. — *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 670. — Sc. Gras, *Ann. des Mines*, 1854, V, 473. — *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 255. — 1858, XVI, 21. — Lory, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1857, XV, 10 ; 1858, XVI, 27 ; 1859, XVI, 817 ; XVII, 21 ; 1860, XVII, 177, 481 ; XVIII, 34 ; 1863, XX, 233.

preintes de fougères dans les roches n° 3, situées entre St-Jean de Maurienne et St-Clément. Du reste, on va voir que des coupes plus récentes de la Maurienne ne sont pas d'accord avec celle-ci.

§ 664. — Les nouvelles observations faites dans cette contrée en ont simplifié la géologie, tout en paraissant la compliquer. Je les résumerai en suivant, sur la rive droite de l'Arc, la **section de St-Jean de Maurienne à Modane,** examinée par la Société géologique de France en 1861. M. Lory et moi, nous avons rendu compte de cette étude, et l'on verra combien MM. Pillet et Vallet ont contribué à élucider la structure de cette région.

En partant du monticule qui domine les bains d'Échaillon, en face de St-Jean de Maurienne, et en remontant la vallée, on voit se succéder dans l'ordre suivant des couches qui portent les n°s 1 à 14 (Pl. XXV, fig. 1 et fig. 4)[1] :

1. Roche granitique, ressemblant à la protogine.

2. Gneiss amphibolique.

3. Schistes cristallins, micacés, talqueux. La source thermale d'Échaillon sort à la partie supérieure de ce terrain. Ces roches cristallines sont le prolongement de celles du Rocheray, qui lui-même est le prolongement de la chaîne des Grandes Rousses en Oisans.

4. Grès schisteux et schistes lustrés, effervescents; 5 à 6 mètres.

5. Calcaires magnésiens bleuâtres, quelquefois lustrés ; 4 mètres.

6. Schistes lustrés, semblables au n° 4; 15 mètres.

[1] J'ai publié le premier de ces deux dessins, *Archives*, 1861, XII, 1[illegible] et M. Lory a publié le second, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861 ; j'ai fait des changements dans les signes pour qu'ils pussent servir aux deux figures. M. Lory vient de faire paraître cette même coupe avec quelques modifications. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 480.

7. Calcaire schisteux, bleu ardoisé, avec traces cylindriques de fossiles indéterminables, alternant avec des grès magnésiens compactes; 25 mètres.

8. Grès schisteux et grès lustrés, plus ou moins micacés ou talqueux, avec amphibole; 150 mètres.

9. Calcaire magnésien compacte; 15 mètres.

10. Schistes lustrés d'un brun roux; 25 mètres.

11. Calcaire magnésien celluleux; 1 mètre.

11'. Schistes argileux, pyriteux, exploités comme ardoises.

12. Schistes lustrés et grès, alternant avec des ardoises.

13. Schistes bruns, alternant avec des calcaires magnésiens.

14. Grès jaunes avec des parties quartzeuses et des parties effervescentes, traversés par des veines de quartz, dans le ravin de Mont-André.

Cargneule, calcaire magnésien et gypse (*ca*, *gy*), en grande masse dans le ravin de Mont-André.

Schistes argileux, rouge lie de vin (*tr*), semblables à ceux de Matringe.

Calcaires noirs (*L*), contenant beaucoup de silex et renfermant des bélemnites, s'étendant jusqu'au pont jeté sur l'Arc, entre St-Jean et Villard-Clément. Il est évident que cette dernière roche appartient au terrain jurassique, probablement au lias, et que les schistes rouges et les gypses font partie du trias. Mais où doit être placée la limite inférieure de cette dernière formation? Il est difficile de la fixer. Je suis cependant disposé à croire que ce terrain s'étend jusqu'aux roches cristallines, mais M. Lory en range une partie dans le lias. Quoi qu'il en soit, il semble qu'on ne peu rapporter au terrain houiller les roches comprises entre les

grès et les granits; car elles n'ont pas de rapport avec la formation carbonifère des Alpes.

Grès calcaires et conglomérats (*gr*) voisins du pont; ce massif est formé d'ardoises (*gr a*) dans sa partie supérieure. Ces roches se voient encore sur la rive gauche du ruisseau de St-Julien, et dans la partie orientale de la formation on remarque des conglomérats semblables à ceux du pont de **Villard-Clément.** M. Lory les compare à ceux des Aiguilles d'Arve situées sur la rive gauche de l'Arc. Il est très-probable que ce massif est composé de couches en forme de V, comme MM. Lory, Pillet[1] et moi nous l'avons dessiné dans nos coupes.

C'est à la partie orientale de ce terrain que correspond la couche (*n*) dans laquelle on trouve des **nummulites près de St-Julien,** au-dessous de Montricher sur la rive gauche de l'Arc; nous en avons signalé le prolongement au col de Varbuche. Cette découverte intéressante a eu un certain retentissement, parce que ces fossiles sont situés dans un terrain que M. Sc. Gras[2] avait classé dans la partie inférieure du terrain anthracifère supérieur. M. d'Archiac, qui a eu l'extrême obligeance d'examiner les échantillons que j'avais recueillis, y a reconnu les espèces suivantes[3]: *Nummulites Dufrenoyi* d'Arch. ou *N. distans*, Desh., *N. Ramondi*, Defr., probablement la *N. planulata*, d'Orb., *N. complanata*, Lam., *N. perforata?* d'Orb., *N. variolaria?* Sow., *Orbitoides submedia*, d'Arch.

M. d'Archiac croit que ces couches sont un peu plus anciennes que celles du Mont-Faudon et de St-Bonnet en

[1] Etudes géologiques sur les Alpes de la Maurienne, *Mém. de l'Acad. de Savoie*, 1860.

[2] Carte. *Ann. des Mines*, 1854, V, pl. XII, et *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 2e série, XII, pl. VIII.

[3] *Archives*, 1861, X, 18.

Dauphiné. M. Meneghini y a encore reconnu la *Nummulites Beaumonti*, M. Edw., et on y a retrouvé un *Conoclypus anachoreta*, Ag., quelques oursins mal conservés, des térébratules et des huîtres. M. Sismonda ne conteste pas la présence des nummulites dans cette localité, mais M. Élie de Beaumont a soutenu que ces fossiles « ne sont pas des nummulites[1]. »

Calcaire du lias (*L*), avec silex et bélemnites sur la rive droite de l'Arc et sur la rive droite du ruisseau Claret, au delà des massifs éocènes précédents.

Cargneule et gypse (*ca*, *gy*), sur la rive gauche de ce ruisseau, en très-grandes masses, et renfermant une exploitation d'ochres de diverses nuances; les gypses sont accompagnés d'une dolomie (*d*) surmontée des couches suivantes.

Schistes argileux, rouge lie de vin (*tr*).

Couches de l'infra-lias à *Avicula contorta*, Portl. (*iL*).

Lias inférieur (*Li*), en sorte qu'on trouve ici des couches semblables à celles de Matringe (§ 298).

Au delà de ce point de la coupe, je ne puis m'astreindre à décrire couches par couches, ni les masses énormes et contournées qui forment les grands escarpements du roc de Beaunant, qu'on appelle aussi Bionan (Bonas, carte de l'état-major sarde), ni les rochers gigantesques du Perron des Encombres (2825 mètres). Je n'indiquerai les contournements des couches que d'une manière générale, en décrivant ceux de la couche de l'infra-lias.

L'infra-lias (*iL*), qui repose sur le trias du ruisseau Claret, s'enfonce sous terre, puis reparaît un peu à l'E. pour constituer une voûte dont le jambage de droite disparaît encore au-dessous du sol. Cette couche ressort de terre pour

[1] *Comptes rendus*, 1861, LIII, 118.

former, sous le roc de Bionan et au-dessous du **Perron des Encombres,** un V renversé ou une voûte comprimée et pointue. Le jambage oriental redescend sous terre pour reparaître encore dans la partie orientale du Pas du Roc. Là, il repose sur le lias inférieur (*Li*), et il est recouvert par la dolomie (*d*), laquelle est surmontée par de la cargneule et par du gypse visibles seulement aux environs du col des Encombres, quoiqu'ils occupent le fond du joli vallon situé entre Saint-Michel (722 mètres) et le **Pas du Roc.**

Dans ce dernier endroit, comme au col des Encombres, il y a renversement dans la série des couches. C'est un fait important, établi de la manière la plus positive par la disposition des couches précédentes, et qui démontre que le terrain houiller de St-Michel et du col des Encombres, lors même qu'il s'appuie sur les cargneules et sur les gypses du trias, est cependant d'une formation plus ancienne. Par conséquent, le prolongement latéral du terrain triasique doit passer au-dessus du terrain houiller, pour se retrouver de l'autre côté du grand massif formé par ce dernier dans la partie supérieure de la vallée de l'Arc.

L'allure de cet étage infra-liasique étant bien comprise, on voit dans les fig. 1 et 4 de la Pl. XXV, que les couches triasiques qui sont au-dessous, et les couches liasiques qui sont au-dessus, lui sont parallèles, et qu'elles ont supporté les mêmes contournements. Ces dernières se composent de calcaires solides de l'étage du lias inférieur (*Li*) et des schistes argileux plus ou moins friables, de l'étage liasique supérieur (*L*). On a trouvé dans l'infra-lias de la base des rochers de Bionan quelques fossiles, entre autres le *Trochus Valleti*, le *Turbo Pilleti*, n. sp., et le *Cerithium Stoppani*, Winck.

M. l'abbé Stoppani, qui a fait de si belles études paléon-

tologiques sur l'infra-lias, a reconnu les espèces suivantes dans les fossiles des couches de cet étage au Pas du Roc [1] :

Mytilus psilonoti, Quenst.
Avicula contorta, Portl.
» gregaria, Stop.
» inæquiradiata, Stop.
Pecten Hehli, d'Orb.
» Massalongi, Stop.
Lima subdupla, Stop.
Terebratula gregaria, Suess.
Turbo Chamousseti, n. sp.
Chemnitzia Valleti, n. sp.
Anomia Schafhäutli, Wink.
Plicatula intusstriata, Emm.
Cardita austriaca? Hauer.

En 1863, M. l'abbé Vallet a fait une intéressante découverte sur la rive gauche de l'Arc, en face du Pas du Roc. Il a observé dans l'étage, caractérisé par l'*Avicula contorta*, une couche pétrie d'ossements brisés, associés à des dents d'*Acrodus minimus*, de *Sphærodus*, d'*Hybodus*, de *Sargodon* avec des écailles de *Gyrolepsis tenuistriatus*, etc. Cette couche est un véritable **bone-bed**.

Pendant longtemps on avait cru que les couches des terrains de la rive droite de l'Arc s'appuyaient régulièrement les unes sur les autres, mais on voit maintenant combien les contournements sont considérables. Pour connaître l'ensemble de ces plis si multipliés, il faut les voir dans des escarpements aussi grands et aussi dénués de végétation que le sont ceux de la chaîne du Perron des Encombres, du côté de la Maurienne. On comprend sans peine que la structure de ces couches soit difficile à saisir dans le pro-

[1] *Paléontologie lombarde*, Appendice, p. 198.

longement de cette chaîne, lorsqu'on marche sur leurs tranches, qu'elles sont en partie couvertes de forêts et de pâturages, et qu'on ne peut voir leurs affleurements d'une manière distincte. Cette grande chaîne occupe un espace énorme en Savoie, en Piémont et en Suisse, dans le cadre de ma carte on la trouve entre Moûtiers et Petit-Cœur, au Grand-Cormet, entre la Thuile et l'Allée-Blanche, entre le Grand St-Bernard et le val Ferret, ainsi qu'à Pierre-à-Voir. Aussi, dans toute cette région, la structure du sol est difficile à expliquer.

§ 665. — D'après ce qui vient d'être dit, l'on voit que les couches carbonifères comprises entre **St-Michel** et **Modane** (Pl. XXV, fig. 1 et 4) s'appuient près du col des Encombres du côté de l'O. sur le trias composé de quartzite (*q*), de schiste argilo-ferrugineux rouge et vert (*ar*, par erreur *dr*) et de cargneule avec dolomie et gypse. Ce terrain ne se voit bien qu'au-dessus du vallon de St-Michel. MM. Sismonda, Pillet, Lory et moi, nous avons admis cette position du terrain houiller, sans cependant lui donner la même structure; M. Sismonda le rapporte à l'oxford clay et lui donne la forme d'un fond de bateau [1]. M. Pillet partage à peu près cette manière de voir, mais indique un pli analogue à celui désigné par (*x*) dans la fig. 4 [2]; M. Lory croit aussi que ce terrain présente une structure en forme de fond de bateau, mais qu'il est plissé et replié sur lui-même à l'extrémité occidentale de manière à descendre sous les couches triasiques. Dans son dernier mémoire [3], ce savant donne une autre forme à ce terrain. Je l'ai représenté

[1] *Classific. dei ter. stratificati delle Alpi tra il Monte Bianco e la contea di Nizza. Acad. de Turin*, 1852, XII.

[2] Mém. cité.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, Pl. X.

avec une structure en éventail, ayant vu que les couches sont verticales au centre du massif, près du Pontet, et inclinées vers les bords ; les couches au-dessus de St-Michel ont la même position que celles de Montagny (§ 655) dont elles sont le prolongement. Il est assez difficile de décider si ce grand terrain houiller présente réellement la **structure en forme de fond de bateau** ou la **structure en éventail**, parce que les deux dispositions (Pl. XXV, fig. 5 et 6) se confondent lorsque la partie supérieure des couches a été emportée, et qu'on ne peut connaître la forme des couches qui sont situées au-dessous de la surface du sol. Les deux figures indiquées ne diffèrent, en effet, l'une de l'autre, que par les parties des couches qui ont été détruites ou qui ne sont pas visibles. Il y aurait cependant de l'intérêt à éclaircir la position des strates qui présentent cette structure, car les couches disposées en éventail sont plus anciennes que celles qui les flanquent, tandis que les couches en fond de bateau sont plus récentes que celles qui se trouvent sur leurs flancs.

Le grand massif houiller dont je viens de parler, est le prolongement de celui que j'ai signalé entre le Mont-Plovezan et Pesey en Tarentaise; il s'étend au S. jusqu'aux environs de Briançon; les gîtes d'anthracite n'y sont pas rares, et les empreintes de plantes qu'il renferme mériteraient d'être étudiées. Du côté de l'E., et près de Fourneau, il s'appuie sur la montagne de St-André composée de granit et de gneiss, auxquels M. Sismonda avait donné l'épithète de métamorphiques, mais qui sont semblables aux roches du Mont-Blanc et à d'autres.

Plus loin que la montagne de St-André et près de **Modane**, les deux coupes que j'ai figurées sont différentes. M. Lory a eu surtout en vue, dans la fig. 4, les roches

situées sur la rive droite de l'Arc, tandis que j'ai représenté, dans la fig. 1, la montagne dans laquelle s'exécute l'immense et belle entreprise du percement des Alpes[1]. Le tunnel est ouvert dans un grès houiller très-dur qui ressemble quelque peu au poudingue de Valorsine, et dont les couches plongent dans l'intérieur de la chaîne, de manière que l'on est à peu près sûr de rencontrer, dans le courant du travail : des quartzites (*q*) au-dessus du terrain houiller[2], puis de la cargneule et des roches de sulfate de chaux, qui seront probablement plus abondantes à l'état d'anhydrite qu'à celui de gypse. Le grès houiller renferme de l'anthracite dans le tunnel même, et les quartzites sont les représentants du grès arkose triasique dont j'ai déjà souvent parlé. Les grands blocs de cette roche, épars dans le voisinage du village de Fourneau, présentent quelquefois sur l'une de leurs faces un quartzite compacte, et sur une autre un conglomérat de cailloux de quartz, cimentés par du grès compacte blanc et dur comme du quartzite.

§ 666. — Je terminerai cette esquisse bien imparfaite de la Maurienne, par quelques mots sur la géologie de la partie de la vallée de l'Arc comprise entre **Modane** et **Bramans**. On trouve, dans ce court espace, des faits assez remarquables pour qu'il vaille la peine de s'y arrêter.

On y voit des masses de gypse, ayant plusieurs centaines de mètres de puissance, provenant de la décomposition de l'anhydrite qu'elles renferment encore. Elles contiennent

[1] Voyez sur ce sujet : de Mortillet, *Géol. et Min.*, p. 397. — Ménabréa, *Comptes rendus de l'Acad.*, 1858, XLVI, 1195. — Elie de Beaumont, *Comptes rendus*, 1859, XLVIII, 1138. — Amédée Burat, *Revue univ. de Liége*, déc. 1863 (?) et les mémoires de MM. Pillet, Lory et les miens.

[2] Depuis que ces pages ont été rédigées, j'ai appris que les ouvriers ont rencontré le quartzite au-dessus du terrain houiller ; c'est une confirmation de ce que les géologues avaient annoncé.

de petits amas de soufre. Il n'est pas toujours facile de reconnaître la stratification de ces gypses, parce que l'altération plus ou moins profonde produite par les agents atmosphériques les divise dans les parties extérieures, par des joints parallèles et réguliers, qu'on peut aisément prendre pour des couches. Il faut chercher à reconnaître la stratification par les variations minéralogiques de la nature du gypse ou des matières terreuses qui se sont déposées avec lui. On verra alors que ces derniers indices, qui forment les vrais caractères de la stratification, sont souvent opposés à ceux fournis par la décomposition de la masse.

M. des Cloizeaux[1] a signalé, sur le côté droit de la route de Modane à Villarodin, un petit ravin dans lequel on voit des bancs d'anhydrite ou de karsténite à structure cristalline. La roche est pénétrée par de nombreux grains verdâtres d'une grosseur comprise entre celle de la tête d'une épingle, et celle d'un petit pois; d'une dureté de 3 et d'une densité de 2,66. Ils dégagent de l'eau dans le matras, fondent avec bouillonnement au chalumeau en un émail blanc et sont à peine attaqués par l'acide chlorhydrique. M. Pisani, qui en a fait l'analyse, a trouvé qu'ils étaient composés de la manière suivante :

Silice	48,20
Alumine	19,70
Magnésie	12,80
Chaux	1,64
Ox. ferreux	3,38
Alcalis	7,22
Eau	7,06
	100,00

[1] Origine de la karsténite de Modane, en Savoie, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1864, XXII, 25.

Ce minéral se rapproche donc beaucoup de la groppite de Suède. On trouve encore dans la karsténite du quartz gras, des lames de dolomie blanche et des cristaux d'albite maclés, à surfaces corrodées, différents des cristaux recueillis un peu à l'E. du Roc Tourné et à Bramans. On y voit encore de gros nodules d'un calcaire magnésien noirâtre, à cassure compacte, entièrement fendillés comme s'ils avaient subi l'action prolongée d'un faible dissolvant : dans le voisinage on rencontre des nodules de soufre. M. des Cloizeaux conclut de ces observations, qu'il est probable que la karsténite a été formée par des sources plus ou moins thermales, dont les vapeurs ou les eaux chargées d'acide sulfhydrique agissaient sur des calcaires magnésiens préexistants.

Un peu avant **Villarodin**, on observe un calcaire noir rempli de petits cristaux d'albite colorés en noir par du carbone, dont la forme a été décrite par M. Drian et par M. des Cloizeaux [1]. Ce calcaire paraît inférieur à la formation des *schistes lustrés* dont je vais parler. Il semble peu altéré, c'est-à-dire qu'il est identique à certains calcaires des Alpes qui renferment des fossiles ; par conséquent, on peut croire que les cristaux d'albite se sont formés à une température peu élevée.

Près de Villarodin se trouve de l'euphotide en grands blocs. On n'en connaît pas exactement le gisement, parce qu'il est recouvert de bois et d'éboulements ; cependant cette roche paraît être en rapport avec les roches triasiques.

Avant de terminer la description de la Maurienne, j'ai

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XVIII, 804. — M. Durocher a également signalé de l'albite dans le calcaire cristallin des Pyrénées, *Ann. des Mines*, 1844, VI, 82.

encore à constater la position du calcaire du fort de l'Esseillon (1334 mètres). Pour la faire comprendre, je reproduirai la coupe donnée par M. Lory (Pl. XXVI, fig. 1). On y voit le calcaire noir et magnésien **de l'Esseillon** (*d*), ayant environ 150 mètres de puissance, reposer sur les quartzites (*q*) qui forment la couche la plus basse des roches triasiques de cette région. Il est recouvert par les cargneules et les gypses (*gy* et *ca*), lesquels sont dominés à leur tour par les schistes argilo-talqueux (*s*), connus maintenant sous le nom de schistes du Mont-Cenis ou schistes lustrés, et qui sont développés, sur une grande étendue et avec une énorme puissance, dans les environs du Mont-Cenis, de Bardonèche en Piémont, etc. J'ai dessiné, en 1861, le **ravin d'Aussois** près du fort (Pl. XXVI, fig. 2) ; le calcaire de l'Esseillon y est inférieur aux cargneules et aux gypses triasiques, et ceux-ci sont recouverts par les schistes lustrés (*s*). La position de ce calcaire, dans lequel on a trouvé quelques fossiles rares et mal conservés [1], lui assigne une époque de formation bien plus ancienne que celle du calcaire de Villette, auquel on a essayé de le rapporter il y a quelques années ; il se rapproche, par sa position inférieure au gypse triasique, du calcaire micacé de Villarly (§ 658), également inférieur au gypse, et probablement semblable à celui qui se trouve au S. du col de la Seigne. Mais si cette position est bien réellement celle du calcaire micacé, il resterait à expliquer la cause de son absence dans un grand nombre de localités.

Les coupes que je viens de décrire constatent la position de deux étages peu connus du terrain triasique, le calcaire de l'Esseillon et les schistes lustrés.

[1] Sismonda, *Comptes rendus de l'Acad.*, 1859, XLIX, 410.

Au delà de l'Esseillon, mais en aval de [redacted] (1256 mètres) et sur la rive droite de l'Arc, on observe un beau gisement de dolomie imprégnée de cristaux d'albite blanche; cette roche, qui fait partie du terrain triasique, et qui est aussi fort développée plus près de Modane, au Roc Tourné, est le calciphyre de Brongniart.

Je m'arrête ici dans la description bien incomplète de la grande vallée de l'Arc. J'ai traversé la Vanoise, le Mont-Cenis et le Mont-Iseran, mais je n'ose rapporter mes observations dans ces montagnes élevées, dont il est difficile de comprendre la structure lorsqu'on n'y a passé qu'une fois.

En résumé, les études géologiques récentes de la Maurienne ont constaté dans les couches des montagnes des contournements gigantesques, qui ont permis d'établir l'union qui doit toujours exister entre les caractères stratigraphiques et les caractères paléontologiques des roches. Enfin, les observations relatives au renversement des couches du col des Encombres, et celles sur les nummulites de Montricher, ont été des points de repère au moyen desquels on a fait sortir du chaos la géologie de la Maurienne. Nous y reviendrons dans l'histoire du terrain houiller.

CHAPITRE XXVII

LES DEUX SAINT-BERNARD

Limites, 667. — Le Petit St-Bernard, trias, terrain houiller, § 668. — Hospice Mont-Valesan. Le Belvéder; cirque d'Annibal, 669. — Calciphyre. La Thuile, 670. — Le Mont-Favre. Col des Chavanes. Col de Bruglié, 671. — La serpentine du val de Bruglié; le lac Varney ou Vernet, 672. — La serpentine forme des couches, 673. — Course au Ruitor; terrain houiller, 674. — De la Thuile à Pré-St-Didier. Le Cramont, 675.

Courmayeur, 676. — Coupe du Mont-Chétif au Cramont, 677. — Montagne de la Saxe; Croix de Bernada, trou des Romains, passage d'Artéréva, 678. Le col Seréna, 679. — Vallée des Bosses, 680. — De St-Remy au pied méridional du mont Velan, 681.

De St-Remy au Grand St-Bernard, par Praz d'Arc, 682. — Col Fenêtre; coupe de ce col au Mont-Dolent, 683. — Roche polie; quartzite, 684. — Hospice; la Chenalette et le Pic de Dronaz; schistes cristallins, 685. — Le Bourg St-Pierre; Vassorey, la Gouille, 686. — Liddes. Montagnes situées entre le val d'Entremont et le col Ferret; combe de Là, trias, terrain houiller, 687. — De Pra de Fort au Bourg St-Pierre; anthracite, 688. — Col de Là; les Planards, 689. — Terrain houiller du Valais, 690. — Résumé, 691.

§ 667. — On se rappelle qu'après avoir parcouru le massif du Grand-Mont et avoir atteint le Bourg St-Maurice au pied du Petit St-Bernard, nous avons fait une excursion en Maurienne; revenons maintenant à ce village pour étudier le district des deux Saint-Bernard. Cette région, au S. du massif du Mont-Blanc, est limitée au S.-O. par la vallée qui s'étend des Chapius au Bourg St-Maurice; au S. et à l'E., par une ligne qui passe au Petit St-Bernard, à Pré-Saint-Didier, au col Seréna, au Grand St-Bernard et à Orsières. Je lui associe certaines parties du Ruitor et du Vassorey que j'ai visitées.

La première fois que je passai le Petit St-Bernard (en 1851), je fus surpris par une tourmente de neige qui ne me permit de voir que les places où je posai les pieds. Au point de vue pittoresque, cette tourmente était peu regrettable, car le passage du Petit St-Bernard est triste et monotone. Cependant il vaut la peine de voir clair, lorsqu'on marche sur les traces d'Annibal.

§ 668. — Un peu après avoir quitté le **Bourg St-Maurice** (851 mètres), on trouve, sur la gauche de la route et près du sentier qui conduit aux Chapius, un monticule surmonté d'une ruine nommée le Châtelard. On y exploite du calcaire saccaroïde gris; les montagnes situées entre le Petit St-Bernard et l'Allée-Blanche renferment cette roche en plus grande abondance que la chaîne du Perron des Encombres dont elles sont le prolongement.

L'affleurement des gypses et des cargneules, que j'ai indiqué près du torrent de l'Arbonne (§ 652), se retrouve près du Bourg St-Maurice. Il se montre dans toute l'étendue du passage du Petit St-Bernard, le long du ravin qui descend au village de Scez[1], aux environs de St-Germain, à l'hospice, au S. de Pont-Serrand et au village du Tovet à l'E. de la Thuile. Ce terrain sépare des montagnes qui appartiennent à des formations différentes.

1° Celles qui sont au N.-O., entre le Petit St-Bernard et l'Allée-Blanche, sont formées de calcaires cristallins plus ou moins micacés, de schistes lustrés et de quelques amas de serpentine. Lorsque j'ai publié l'*Explication de ma carte géologique*, j'avais avancé que ces roches calcaires seraient probablement classées dans le terrain triasique[2]. C'est, en

[1] On peut recueillir de la chaux sulfatée en lames transparentes, au p... du Reclus.

[2] *Archives*, 1862, XV, 264.

effet, l'époque à laquelle on doit maintenant les rapporter, par suite de leur analogie avec certaines roches de la partie supérieure de la Maurienne.

Quoique je n'aie pas été dans la région où la Versoye prend sa source, à l'O. du Petit St-Bernard, je pense qu'il y existe quelques masses de serpentine; c'est du moins ce que j'ai vu avec une lunette de la vallée de l'Arbonne, et ce qui m'a été confirmé par un guide. Il est probable que la composition des montagnes de la vallée de Bruglié, dont je parlerai (§ 672), représente assez bien celle de l'ensemble de cette chaîne. En général, les couches y plongent au S.-E., s'appuient sur la couche de cargneule et de gypse du Mottet et de l'Allée-Blanche, et s'enfoncent sous la cargneule et le gypse du Petit St-Bernard.

2° Les montagnes au S. de la zone occupée par ces dernières roches sont formées de couches plongeant au S.-E.; elles s'appuient sur les roches triasiques, appartiennent au terrain houiller et sont le prolongement des roches de cet âge situées entre Aime et Pesey. On y trouve des amas d'anthracite, dans le voisinage desquels Brochant de Villiers a signalé des empreintes végétales [1].

MM. Lory et Vallet, fidèles au système de failles qu'ils ont adopté pour expliquer la structure d'une partie de la Savoie, figurent une de ces failles entre le terrain houiller et la cargneule [2]. Mais il semble que la position des couches du terrain houiller, par rapport aux roches triasiques, démontre qu'il existe ici un renversement de terrain [3]; cette disposition est le prolongement de celle que nous avons reconnue en Maurienne. Si ce renversement a eu lieu, les

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 358.
[2] *Archives*, 1864, XXI, 154. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, Pl. X.
[3] De Mortillet, *Min. et Géol.*, § 189.

couches des montagnes de cipolin situées entre le Petit Saint-Bernard et le col de la Seigne, doivent être plus récentes que les cargneules et les gypses au-dessous desquels elles se trouvent, et elles devraient être regardées comme parallèles aux *schistes lustrés ;* tandis que si ces couches n'ont pas participé au renversement, elles sont inférieures à la cargneule, et sont probablement l'équivalent du *calcaire de l'Esseillon* (§ 666). Il est probable cependant que ces deux étages se retrouvent dans cette chaîne au N. du Petit St-Bernard. La disposition des terrains que je viens de signaler est le trait le plus saillant du passage qui nous occupe.

A trois quarts d'heure avant l'hospice, sur la rive gauche du torrent, on voit une source ferrugineuse près de laquelle on trouve du fer oligiste, du fer carbonaté et du fer arsenical.

§ 669. — L'hospice du Petit St-Bernard (2155 mètres) est bâti sur le gypse, à 20 mètres au-dessous de la partie supérieure du passage. De là on atteint aisément le Mont-Valesan ou Valaisan situé au S. Les troupes sardes y avaient construit, à 3333 mètres d'élévation, une redoute qui fut prise par les troupes françaises en 1793 [1]. Il y a également à l'E. du passage une montagne nommée le Belvéder, d'où l'on jouit d'une vue admirable, et dont l'ascension est aisée au dire de M. Hassenfratz, professeur à l'École des Mines de Moûtiers [2].

On remarque un peu à l'E. de l'hospice et au delà de la colonne dite de Jupiter, un cercle d'environ 75 mètres de diamètre formé de pierres espacées entre elles. Ces pierres longues et minces étaient anciennement plantées en terre :

[1] Verneihl, *Statistique*, p. 123. — Alb. Beaumont, *Descrip. des Alpes grecques et cottiennes*, 1806, 2me partie, I, 227 et II, 575.

[2] *Journ. des Mines*, an XIII, 1804, XVII, 235.

maintenant la plupart sont couchées. Elles sont de même nature que celles des montagnes voisines, c'est-à-dire en cipolin. On nomme ce cercle « cirque d'Annibal. »

§ 670. — Brochant de Villiers et Dolomieu découvrirent, près de l'hospice du Petit St-Bernard, la roche à laquelle Alex. Brongniart a donné plus tard le nom de calciphyre [1]. C'est un calcaire, ou plus probablement un calcaire magnésien, renfermant des cristaux de feldspath. Hassenfratz avait fait la même observation, avant que celle de Brochant eût été publiée. Ce « porphyre calcaire, » comme il le nomme, est situé un peu au-dessus de la route du côté S., entre l'hospice et le cirque d'Annibal. J'ai déjà signalé cette roche du terrain triasique en Maurienne (§ 666), au col du Bon-Homme (§ 561), dans le val d'Arbonne (§ 652) et au Mont-Jovet (§ 656).

De l'hospice on peut faire une course curieuse dans la vallée qui conduit au Pas de Broglia ou de Bruglié, en passant sur les bords du lac Varney ou Vernet. Il suffira de parcourir les environs du glacier des Balmettes pour voir un singulier gisement de serpentine. Cette roche constitue dans la vallée de Bruglié un monticule rouge, vert et blanc, qui s'aperçoit de la route du Petit St-Bernard à la Thuile. Mais, tout en signalant la possibilité de faire cette promenade en partant de l'hospice, je renvoie pour les détails au récit de la course que je fis, de la Thuile, en passant par la vallée des Chavanes (§ 672).

La route qui conduit **de l'hospice à la Thuile,** est presque toujours tracée sur la couche de gypse et de cargneule qui sépare le terrain houiller du S., avec ses exploitations d'anthracite, des grandes masses de schistes lustrés

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 351.

et de cipolin qui sont au N. Toutes ces couches plongent, en général, vers le S.-E.

§ 671. — Du village de la Thuile (1496 mètres) je voulus visiter une montagne qui paraît fort élevée, lorsqu'on la regarde du col Ferret, du Cramont ou du col du Géant. Je ne pus trouver pour m'accompagner dans cette course qu'un chasseur que je fis venir du village d'Eleva; il m'apprit que cette montagne se nommait le Mont-Favre, et qu'elle est sur la rive gauche du **val des Chavanes** ou du **val Ciovana.** Cette longue et monotone vallée est creusée dans du calcaire cristallin plus ou moins micacé, qui se confond aisément avec le micaschiste. Brochant de Villiers l'a décrit de la manière suivante[1] : « C'est, dit-il, un calcaire « grenu, tantôt en masse, tantôt veiné et même schisteux, « presque toujours mélangé de talc, ou de mica en paillettes « ou fibreux, souvent de quartz en grains quelquefois vi- « sibles, quelquefois tacheté ou glanduleux. »

Cette roche atteint un développement immense dans les montagnes qui entourent la vallée des Chavanes et dans l'arête qui domine au S. le lac Combal où elle alterne avec la brèche calcaire aplatie du col de la Seigne[2]. Elle ressemble parfois au schiste lustré, et je la crois triasique, comme je l'ai dit au commencement de ce chapitre.

Toutes les montagnes situées entre la Thuile et l'Allee-Blanche ont la même composition, et sont formées de couches redressées d'environ 45° au Nord-Ouest, en sorte que, s'il n'y a pas dans ce terrain des plis ou des dislocations qui font reparaître plusieurs fois les mêmes couches, il constitue une des formations les plus puissantes des Alpes, à l'exception peut-être du terrain houiller. Malgré le

[1] *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 334, roche *a*.
[2] *Ibid.*, p. 343.

soin avec lequel j'ai étudié cette chaîne, que j'ai traversée plusieurs fois près de la Thuile et en Valais, je n'y ai jamais vu de contournements.

Le **Mont-Favre** est une masse considérable, imposante, ravinée dans tous les sens, dont les pentes sont trop inclinées pour que de grandes accumulations de neige puissent y rester (Pl. XXVI, fig. 6); il est formé en entier des roches dont je viens de parler. J'étais arrivé fatigué au pied de cette montagne, et je reculais devant l'ascension qui est pénible, dit-on, quoiqu'elle ne dure que deux ou trois heures; d'ailleurs elle ne présentait d'autre intérêt que celui de la mensuration de l'élévation du sommet. Je désirais examiner un passage nouveau pour moi, le col de Bruglié, et revoir le gisement de serpentine voisin du Petit St-Bernard, que j'avais déjà étudié dix ans auparavant; en sorte que je quittai le pied du Mont-Favre pour aller sur l'arête qui sépare la vallée des Chavanes de celle de l'Allée-Blanche. Là, j'avais à mes pieds le lac Combal, et devant moi, le beau glacier du Miage qui descend du Mont-Blanc, j'en voyais tous les contours. Je m'arrêtai à l'E. du **Mont-Pereé**, près d'une redoute qui, dans ces lieux calmes et solitaires, rappelle les passions et les haines qui agitent le monde. D'après une mesure barométrique que je pris, j'étais à 2693 mètres au-dessus du niveau de la mer, et comme je ne pense pas avoir fait une erreur considérable en estimant que le sommet du Mont-Favre est de 500 à 600 mètres plus haut, je crois que cette montagne s'élève jusqu'à 3250 mètres environ[1].

[1] Au moment de mettre sous presse, je lis dans le *Bull. de la Soc. de géographie de Paris*, 1866, XI, 105, l'intéressant article de M. W. Hüber: *Considérations générales sur les Alpes centrales*, où je vois que la hauteur du Mont-Favre est de 3253 mètres.

Le **col des Chavanes**, qui est à l'E. du Mont-Percé, paraît être de 50 mètres plus bas que la mesure barométrique que je viens d'indiquer, c'est-à-dire d'une altitude d'environ 2640 mètres; il est traversé par un sentier qui va rejoindre le col de la Seigne, et qui est impraticable pour les mulets.

Quoique d'Aubuisson de Voisins nous dise : « Les Alpes « Graies, depuis le col de la Seigne jusqu'à l'extrémité de « la vallée de la Thuile, ne présentent pas de glacier pro- « prement dit[1], » le **glacier de la Seigne** est très-grand et occupe un plateau incliné du côté de la vallée des Chavanes. Nous aurions dû le traverser pour nous rendre dans la vallée de Bruglié; mais les crevasses cachées sous la neige le rendent dangereux, et nous avons préféré descendre dans la vallée pour faire l'ascension du **col de Bruglié**, malgré les pentes rapides qu'il faut gravir. Les roches sont des cipolins et des schistes lustrés, et la hauteur du col est de 2750 mètres au-dessus du niveau de la mer, d'après une mesure barométrique que j'ai prise.

§ 672. — En descendant la **vallée de Bruglié** qui se dirige au S.-E., on remarque, un peu après le col et au milieu des neiges, un énorme filon de quartz. Plus loin paraît la serpentine, qui repose sur un schiste argilo-talqueux non effervescent, dirigé du N. 20° O. au S. 20° E. et plongeant de 30 à 40° à l'E. environ. La position de cette serpentine se voit mal, parce qu'elle est entourée de neige et de moraines; mais lorsqu'on passe le glacier de Bruglié qui descend de la Pointe de la Tour, rive droite de la vallée, et que l'on arrive près d'un grand pic noir presque isolé au milieu de celle-ci, on retrouve une serpentine dont le gisement est mieux caractérisé.

[1] *Journ. des Mines*, 1811, XXIX, 253.

En faisant la coupe de l'O. à l'E., on y voit que les couches se succèdent de la manière suivante (Pl. XXVI, fig. 3) :

1. Schiste vert, semblable à la roche de ce nom qui joue un si grand rôle dans la géologie du Valais, d'après M. Studer. C'est une roche dont la composition est, je crois, mal définie : elle paraît quartzeuse, ne fait pas effervescence avec les acides, et la matière colorante est voisine de la chlorite. On la voit paraître deux fois dans cette coupe ; elle forme une grande partie de la montagne de la Tour.

2. Schiste lustré plus ou moins luisant ; certaines couches sont noires et effervescentes, d'autres sont grises et non effervescentes. Elles ont l'apparence d'un schiste argilo-talqueux. On les retrouve trois fois dans cette section.

3. Serpentine bien caractérisée, verte, avec des veines de carbonate de chaux, d'amphibole et de fer carbonaté.

4. Gneiss grisâtre à éléments bien distincts.

5. Quartzite ? ou roche cristalline ressemblant à de la protogine à petit grain.

Cette coupe est intéressante en ce qu'elle montre de la serpentine intercalée dans des roches stratifiées.

Si l'on se rapproche du Petit St-Bernard en continuant à marcher sur la rive droite de la vallée de Bruglié, on rencontre un second monticule. La masse principale est formée de schistes verts, alternant avec des schistes argilo-talqueux et renfermant un nouveau banc de serpentine ; les couches de ces roches plongent fortement du côté de l'O. et s'appuient sur un massif de quartzite stratifié dans le même sens. Sur la face orientale du monticule, les couches sont dirigées du N. 35° E. au S. 35° O., tandis que sur la face occidentale elles sont dirigées du N. 40° O. au S. 40° E. ; il y a donc peu de régularité dans la stratification.

Les serpentines des divers gisements dont nous venons

de parler présentent des apparences variées. Elles sont, en général, vertes ou brunes, et la structure en est massive, schisteuse ou fibreuse ; elles sont associées à du talc massif ou craie de Briançon et à du talc étoilé, ainsi qu'à du fer carbonaté, à du fer oxydulé et à des pyrites.

M. Hassenfratz avait décrit le gisement voisin du lac Varney : d'après lui, on le trouve lorsqu'on fait la montée de Barme pour aller au glacier des Lavages. La serpentine y est située au-dessus d'un schiste calcaire micacé et renferme divers minéraux, tels que l'amiante, l'asbeste, l'actinote, la chlorite, etc. « Les roches et les minéraux à base « de magnésie sont très-communs, dit-il, dans les environs « du Petit St-Bernard ; on les trouve ordinairement inter- « posés entre les roches quartzeuses et les roches cal- « caires[1]. »

§ 673. — La stratification de ces masses de serpentine au milieu de montagnes de calcaire micacé, et leur liaison avec les schistes lustrés et les quartzites, m'ont paru d'autant plus curieuses que ce mode de gisement n'est pas généralement reconnu. Cependant la serpentine du Mont-Jovet présente cette même disposition (§ 656), et j'ai observé qu'une partie des serpentines du Tyrol[2] sont alignées suivant des zones parallèles à la chaîne centrale, qui ont l'apparence de couches. On remarquera aussi que bon nombre de gisements de serpentine sont liés aux roches triasiques.

L'extrémité méridionale de la vallée de Bruglié n'est pas loin du lac Varney ou Vernet, dont les bords sont en partie formés de quartzite ; mais de l'emplacement des serpentines je gagnai la Thuile par un sentier moins long que la grande route.

[1] *Journ. des Mines*, an XIII, 1804, XVII, 242.
[2] *Archives*, 1849, X, 187.

D'après ce qui précède, on comprend que je ne puis être d'accord avec de Saussure lorsqu'il assure qu'en lithologie le passage du Petit St-Bernard est le plus monotone qu'il connaisse[1]; car, pour peu qu'on s'écarte de la route, on peut examiner des roches qui ne sont pas communes en Savoie.

§ 674. — Le village de la Thuile est à l'entrée d'une vallée qui s'étend au S. jusque dans les flancs **du Ruitor**[2]. Je voulus aller voir un lac situé dans cette montagne, et reconnaître en même temps la nature du terrain. La ligne des gypses et des cargneules, qui se dirige du Bourg St-Maurice au Petit St-Bernard, passe près de la Thuile dans un col au S. du village du Tovet. Le gypse du **Tovet** s'appuie sur le calcaire cipolin qui forme un monticule sur la rive droite de la Doire, et qui fait partie du système des montagnes de la rive gauche de ce torrent. Le gypse est surmonté d'un schiste argilo-talqueux gris et blanc, probablement triasique, en couches plongeant au S.-E.; au-dessus commence le terrain houiller, qui renferme quelques exploitations d'anthracite dans les montagnes des deux côtés du torrent du Ruitor. Ce dernier terrain est le prolongement de celui du Petit St-Bernard; il continue du côté de Morgex dans la vallée d'Aoste, et sa position au-dessus du terrain triasique démontre que le renversement signalé au Petit St-Bernard et au col des Encombres se retrouve encore ici. En suivant la vallée, on rencontre au-dessus du grès houiller une grande épaisseur de schistes gris argilo-talqueux, durs, quartzeux, souvent mélangés de calcaire; toutes les

[1] *Voyages*, § 2232.

[2] On a déjà remarqué le rapport qui existe entre les noms de notre pays et ceux du Pays de Galles ou de Cornwall. Le nom de Ruitor, qui est semblable à celui de Rough Tor, montagne de Cornwall, en est une nouvelle preuve.

couches plongent au S.-E. Enfin, les flancs du Ruitor et les environs du lac de ce nom, sont formés d'une espèce de poudingue qui rappelle celui de Valorsine et de Trient. Il renferme des fragments de schistes argileux, ainsi que des filons, des nodules et des vrais cailloux roulés de quartz. Les couches sont dirigées du N. 60° E. au S. 60° O. et plongent à peu près au S.-E. de 30°. Quoique les montagnes comprises entre le gypse de la Thuile et le Ruitor renferment des roches difficiles à classer, je crois qu'on peut les ranger dans le terrain houiller.

A la **maison du glacier** on voit une belle cascade et un petit lac peu curieux; mais un autre lac, situé à une heure au-dessus de cette maison, vaut la peine d'être visité. Il est resserré entre des rochers arrondis et moutonnés et l'énorme glacier du Ruitor (Pl. XXVI, fig. 5). La glace, qui a une grande épaisseur, s'avance au-dessus de l'eau sur une étendue qui ne peut être déterminée, mais qui paraît assez considérable. Elle se maintient à une petite distance au-dessus de la surface du lac et se termine par un escarpement abrupt, d'où se détachent de temps en temps d'énormes lames verticales de glace qui en tombant s'enfoncent dans l'eau, ressortent en partie, oscillent, et finissent par flotter tranquillement. Elles représentent en miniature les montagnes de glace de l'Océan.

Je suis disposé à croire que le Ruitor est composé en grande partie de terrain houiller, car le glacier qui en descend n'amène ni granit, ni protogine; les seules roches un peu cristallines de sa moraine sont des schistes plus ou moins chargés de quartz, qui n'appartiennent vraisemblablement pas à la formation des schistes cristallins.

§ 675. — De la Thuile à Pré-St-Didier, on chemine dans une vallée longitudinale, à peu près parallèle aux couches

des montagnes. Elle est étroite et assez pittoresque. On n'y voit que des calcaires cipolins plus ou moins micacés, des schistes voisins des schistes argileux, des schistes lustrés argilo-talqueux et quelques grès fins et grossiers. Ces roches alternent entre elles, et sont parfois très-plissées, par exemple au-dessus de Pré-St-Didier, mais elles sont toutes redressées au N.-O. contre la chaîne du Mont-Blanc.

Avant d'arriver à Pré-St-Didier, on peut faire l'ascension du **Cramont** (2770 mètres au-dessus du niveau de la mer). Du sommet on jouit d'une vue qui a été, on peut le dire, chantée par de Saussure, car mon illustre compatriote emprunta aux poëtes de l'antiquité[1] le langage par lequel il exprima les impressions, tout à la fois scientifiques et poétiques, que faisait naître en lui le spectacle qui frappa ses regards du haut de la cime qu'il avait atteinte. Me reportant par la pensée au siècle dernier, je crois voir ce savant arrivant sur le Cramont : saisi par la grandeur de la vue, intéressé au plus haut degré et exposant de la manière suivante une espèce de théorie de la terre, que l'aspect des montagnes inspirait à son esprit fécond[2]. « Retraçant alors dans ma tête « la suite des grandes révolutions qu'a subies notre globe, « je vis la mer, couvrant jadis toute la surface du globe, « former par des dépôts et des cristallisations successives, « d'abord les montagnes primitives, puis les secondaires ; « je vis ces matières s'arranger horizontalement par couches « concentriques ; et ensuite le feu ou d'autres fluides élas- « tiques renfermés dans l'intérieur du globe, soulever et « rompre cette écorce, et faire sortir ainsi la partie inté-

[1] M. Elie de Beaumont a indiqué, *Système de montagnes*, p. 1318, le rapport que présentent les pensées de de Saussure avec celles qui sont exprimées par Ovide, *Métamorph.* lib. XV, et par Virgile, *Ecloga*, VI.

[2] *Voyages*, § 919.

« rieure et primitive de cette même écorce, tandis que les « parties extérieures ou secondaires demeuraient appuyées « contre les couches intérieures. Je vis ensuite les eaux se « précipiter dans des gouffres crevés et vuidés par l'explo- « sion des fluides élastiques; et ces eaux, en courant à ces « gouffres, entraîner à de grandes distances ces blocs énor- « mes que nous trouvons épars dans nos plaines. »

Certes, l'imagination de de Saussure lui retraçait un spectacle qui valait bien celui qu'il avait sous les yeux, et l'on peut dire avec Humboldt: « Les plus nobles jouis- « sances dépendent de la justesse et de la profondeur des « aperçus, de l'étendue de l'horizon qu'on peut embrasser « à la fois[1]. » De Saussure, dans cette occasion, avait un horizon plus grand encore dans le temps que dans l'espace.

Ce fut du sommet du Cramont que ce savant observa pour la première fois, dans la structure des grandes masses minérales, une loi d'après laquelle les montagnes secondaires, qui bordent une chaîne primitive, ont, de part et d'autre, leurs couches redressées contre elle[2].

Oserai-je dire, après la citation que je viens de faire, que je n'ai pas partagé l'enthousiasme de de Saussure pour la vue du Cramont: elle est, en effet, restreinte par le Mont-Chétif qui masque les beaux détails de la base du Mont-Blanc. D'ailleurs, l'ascension de la montagne est longue, monotone, peu intéressante, et si au sommet on est enveloppé de brouillard ou saisi par le froid, comme cela m'est arrivé, on en descend avec l'impression que cette course n'est pas à la hauteur de sa réputation. J'ai partagé, à ce sujet, l'impression de M. J. Forbes[3]. Du temps de de Saus-

[1] *Cosmos*, I, 19.
[2] Voyez Pl. XVIII, fig. 1.
[3] *Travels*, p. 214.

sure, les cartes de géographie étant fort mauvaises, une vue d'ensemble, prise d'une haute sommité, offrait plus d'intérêt que de nos jours où les cartes font connaître la position, et je dirai l'organisation des chaînes de montagnes, jusque dans les moindres détails. Cette réflexion peut expliquer, jusqu'à un certain point, pourquoi de Saussure, qui ne pouvait consulter de bonnes cartes, a eu des impressions si vives au Cramont.

Lorsque je gravis cette cime en 1846, j'étais tellement persuadé qu'il y avait une symétrie complète dans la disposition et l'âge des terrains qui flanquent la chaîne du Mont-Blanc, que j'espérais retrouver au Cramont des formations semblables à celles des Fiz ; mais je fus bientôt détrompé. Il n'y a de symétrie que dans la forme des montagnes, et mes observations confirment ce que divers savants avaient remarqué au sujet de la différence de composition des deux versants de la chaîne centrale [1]. Je rappellerai que j'ai observé sur les pentes du Cramont, à 2230 mètres d'élévation au-dessus du niveau de la mer, deux moraines de glacier, quoiqu'il n'y ait plus de neige perpétuelle sur cette montagne (§ 156).

Le Cramont est composé de calcaire micacé ou cipolin schisteux, décrit par de Saussure [2]. Comme je l'ai dit, cette roche est très-répandue dans la chaîne qui s'élève au S. de l'Allée-Blanche et du val d'Entrèves, et au N. de la vallée de la Thuile et du Grand St-Bernard. Elle y forme des montagnes ou aiguilles qui ont quelque analogie avec les montagnes dolomitiques du Tyrol. Mais un essai que M. Delafontaine a bien voulu faire sur un fragment de cipolin

[1] *Journ. des Mines*, 1802, an VI, VII, 429 ; de Mortillet, *Min. et Géol.*, § 143.

[2] *Voyages*, § 915.

parfaitement caractérisé, venant de Palézieux près de Courmayeur, a montré que cette roche ne renferme pas de magnésie en quantité suffisante pour qu'elle soit considérée comme une dolomie. Le cipolin du Cramont est associé avec des schistes lustrés, et l'ensemble des couches se relève contre le Mont-Blanc d'environ 50°. Dans la partie inférieure et S.-E. de la montagne, près du chalet de Tiédroz, on trouve quelques grès grisâtres très-plissés.

Lorsqu'on regarde, de **Pré-St-Didier,** le flanc du Cramont, l'on croit y voir une discordance de stratification entre deux terrains; mais je pense qu'il n'y a là qu'un pli ou une cassure des couches.

§ 676. — Les environs de **Courmayeur** sont remarquables par la vue de la chaîne du Mont-Blanc, qu'on aperçoit entre le Mont-Chétif et la montagne de la Saxe. Ce village joue sur le revers S. du Mont-Blanc le même rôle que Chamonix sur le revers N. J'en ai déjà parlé (§ 572 et suiv.); c'est le rendez-vous des touristes. Quelques-uns y sont attirés par les eaux de la Victoire et de la Saxe qui jouissent d'une certaine réputation.

La Doire qui charrie des paillettes d'or[1], comme l'Arve à Chamonix, coupe près de Courmayeur deux vallons qui descendent vers elle, et qui sont creusés en partie dans du gypse.

§ 677. — J'ajouterai à ce que j'ai déjà dit du **Mont-Chétif** (§ 576), que sur le revers méridional de cette montagne on voit une coupe dont les principales couches sont les suivantes (Pl. XVIII, fig. 1):

1. Roche du Mont-Chétif ressemblant à la protogine.
2. Eurite s'appuyant sur la roche précédente (derrière

[1] Robilant, *Mém. de l'Acad. de Turin*, 1784-85, I, 218.

les maisons de Pra-Neyron); elle est soudée à la protogine et la traverse sous forme de petits filons.

3. Schiste talqueux cristallin.

4. Dolomie renfermant des cristaux de feldspath ou calciphyre.

5. Schiste calcaréo-talqueux.

6. Baryte sulfatée avec une petite quantité de plomb sulfuré.

7. Dolomie à cristaux noirs.

8. Schiste calcaréo-talqueux avec filons de quartz, et cargneule intercalée.

9. Couche très-puissante de gypse avec cargneule, alternant avec des schistes noirs, des calcaires bréchiformes, cristallins et talqueux.

10. Brèche calcaire à pâte noirâtre.

11. De là jusqu'au sommet du Cramont, le cipolin ou calcaire cristallin talqueux et micacé, alterne avec des schistes lustrés. Je crois que toutes les couches de cette coupe appartiennent au terrain triasique, à l'exception des roches cristallines. Dans le vallon situé entre la Pointe de Lâ et le Cramont, on remarque des traces d'anciens glaciers et surtout des moraines.

§ 678. — M. le professeur Studer, avec qui j'avais le plaisir de voyager en 1846, fit une course intéressante à l'E. de Courmayeur, à la partie supérieure de la **montagne de la Saxe**[1], pendant que je prenais la coupe précédente. En montant du hameau de Leuchet à la sommité formée de schistes cristallins verdâtres, nommée par M. J. Forbes Croix de Bernada, il a trouvé une bélemnite dans un calcaire schisteux. La présence de ce fossile doit faire ranger

[1] Au § 577, j'ai parlé de la partie basse de la montagne de la Saxe.

dans le terrain liasique ou dans le terrain jurassique les roches plus ou moins calcaires de cette montagne, celles du Mont-Chétif en sont le prolongement direct et celles du Mont-Fréty le prolongement latéral; malheureusement cette bélemnite ne peut servir à déterminer l'âge des grandes masses de cipolin qui paraissent s'appuyer sur la montagne de la Saxe.

Dans la **vallée de la Trappe**, au S.-E. de la montagne de la Saxe, on trouve de l'anthracite en petite quantité dans la cargneule. Dans cette même vallée on peut visiter le Trou des Romains, qu'on nomme aussi la « Borne des Fées. » En patois, les mots *borne* ou *barme* signifient *caverne*. Cette excavation est différente de la mine du Labyrinthe qui est sur le revers S. de la montagne de la Saxe. Ces deux anciens travaux ont été décrits par Robilant[1].

Quoiqu'on prétende que le passage d'**Artéréva** soit plus court qu'aucun autre pour se rendre de Courmayeur au Grand St-Bernard, on y va ordinairement par Aoste ou par le col Seréna; je vais parler de ce dernier endroit.

§ 679. — On quitte à **Morgex** (1054 mètres) la route de Courmayeur à Aoste pour monter au col Seréna, par un sentier rapide le long duquel il y a peu d'observations à faire. On ne voit que des alternances de schiste argilo-talqueux noir avec du cipolin; les couches sont en général dirigées du N. 60° E. au S. 60° O.; quelques-unes courent de 10° plus à l'E. et ont probablement subi quelques dérangements. Ces schistes sont quelquefois d'un blanc très-éclatant et chargés de paillettes de mica blanc ou vert; ils se rapprochent par l'apparence d'un calcaire micacé et se confondent avec des micaschistes dont on trouve quelques

[1] Description particulière du duché d'Aoste, *Mém. de l'Acad. de Turin*, 1784-85, I, 225, et 1786-87, p. 245.

bancs. On arrive en deux heures aux **chalets des Planaux** (1770 mètres), et on laisse à main gauche le vallon de ce nom qui, en se courbant, remonte par une pente douce au milieu de grandes montagnes dont l'une des plus élevées porte le nom de **Grande-Rochaire** (3357 mètres). Elle est composée du même terrain que le Mont-Favre et que le Cramont, c'est-à-dire de schiste argilo-talqueux et de cipolin. Près des Planaux j'ai trouvé un morceau d'anthracite. Des environs des chalets on monte encore une heure et demie pour atteindre le **col Seréna**, élevé de 2585 mètres (?) au-dessus du niveau de la mer. La vue n'y offre pas beaucoup de grandeur; on n'aperçoit pas la chaîne du Mont-Blanc, mais on reconnaît les cimes voisines du Petit Saint-Bernard, le Mont-Favre, le Cramont, la Becca di None, les montagnes de Cogne; puis du côté opposé, le Mont-Combin et le Velan.

Les traces laissées par les anciens glaciers sont très-abondantes dans les environs du col, surtout sur le revers septentrional. La coupe de la succession des couches de ce passage est difficile à prendre, parce qu'il y a des calcaires, des quartzites et des dolomies qui se ressemblent à un tel point qu'il faudrait les essayer au moyen d'un acide pour les distinguer; cependant je crois avoir reconnu que les couches, qui plongent toutes au S.-E., se présentent dans l'ordre suivant: Au-dessus des grandes montagnes de cipolin, telles que la Grande-Rochaire, qui sont situées au N.-O. et qui se relèvent contre la chaîne du Mont-Blanc, on trouve des quartzites plus ou moins micacés, alternant avec des schistes argilo-talqueux. Au-dessus du quartzite on remarque une couche de cargneule recouverte par un calcaire cristallin qui occupe le col même; ce calcaire est recouvert à son tour par une nouvelle couche de cargneule, laquelle est dominée

par de nouveaux quartzites plus ou moins micacés qui constituent les montagnes à l'orient du passage, et qui sont recouverts, si je ne me trompe, par des grès houillers. Peut-on voir dans les couches de cargneule et de quartzite, symétriquement disposées à droite et à gauche du calcaire cristallin, des couches repliées sur elles-mêmes? C'est ce que je ne saurais décider.

§ 680. — En descendant du col Seréna du côté du N., je suis allé voir le prolongement de ces mêmes terrains sur la rive gauche de la **vallée des Bosses.** La formation houillère, avec de l'anthracite, occupe un espace étroit, près du hameau de Merdoeu au-dessous de Limassey. Elle est formée de schistes argilo-talqueux et de grès, en couches verticales, contournées, et le charbon, qui est pyriteux, a éprouvé de nombreuses failles.

La couche désignée par la lettre (*t*) sur ma carte, à l'O. de cette formation, est de cargneule triasique et sépare le terrain houiller des montagnes de cipolin qui sont plus à l'O. encore, tandis que la couche marquée de la même lettre à l'E. du terrain houiller, est de quartzite blanc, que je crois également triasique, et sépare la formation houillère des schistes cristallins micacés ou talqueux qui s'étendent du côté de St-Remy. On voit de vrais gneiss avant d'arriver à ce village. Il est surprenant de trouver le terrain houiller s'appuyant sur la cargneule qui recouvre l'énorme terrain de cipolin; cependant cette disposition s'explique par un renversement, et nous l'avons vue assez souvent sur la ligne qui se prolonge du col des Encombres jusqu'en Valais, pour y être accoutumés.

Les schistes cristallins ont excité mon étonnement par la manière dont ils sont superposés, ou au moins juxtaposés aux quartzites. Il semblerait que le terrain houiller, si lar-

gement développé dans la Maurienne (§ 665), dans les environs de St-Martin de Belleville (§ 658), entre Aime et Pesey (§ 648), etc., est réduit à moins d'un kilomètre de puissance dans la vallée des Bosses. On se demande alors si les roches qui nous paraissent être des schistes cristallins ne seraient pas une partie du terrain houiller ?

§ 681. — Au lieu d'aller au Grand St-Bernard, comme on le fait ordinairement après avoir passé le col Seréna, je restai à St-Remy (1629 mètres), et de là j'allai à l'orient jusqu'au glacier qui descend de la face méridionale du mont Velan, au-dessus des chalets de Menouve, pour voir si le terrain houiller de la vallée des Bosses était dans cette région le seul affleurement de cette grande formation. Je traversai les vallées de Barasson et de Menouve, où je ne vis que des schistes cristallins, des micaschistes gris, des schistes talqueux gris, verts ou blancs, semblables à ceux que M. Studer a nommés schistes gris ou verts du Valais. Près du glacier du mont Velan, j'observai des schistes chloriteux avec des nids de chlorite pure. On voit aussi du vrai gneiss avec des noyaux de feldspath; les lamelles de quartz, qui font partie de la roche, se dévient de leur alignement régulier pour contourner cette substance. C'est un fait analogue à celui qui a été observé dans certains granits, où le quartz est moulé sur le feldspath.

Entre St-Remy et Barasson, les schistes contiennent un minéral qui m'a semblé être de la mâcle; il est bacillaire et semblable à celui qui abonde dans les roches du revers septentrional du St-Bernard. Tous les schistes du versant méridional de la chaîne sont dirigés du N.-E. au S.-O. et sont, en général, fort contournés; je serais tenté de dire, comme M. de Robilant lorsqu'il parlait de la route d'Aoste au Grand St-Bernard: « Loin d'y trouver du calcaire ou du

« sédiment marneux, tout s'y ressent de la fracture, du dé-« rangement, etc.[1] »

§ 682. — Pour un géologue, il y a de l'intérêt à suivre la rive droite de la vallée du Grand St-Bernard, entre St-Remy et l'hospice. On trouve d'abord des *roches cristallines*, schistes talqueux ou gneiss (*s*, Pl. XXV, fig. 7)[2], et plus loin au S. et au-dessus du chalet de **Praz d'Arc**, à la Pointe de la Gria, ces mêmes roches s'appuient sur la *cargneule et le gypse* (*ca*, *gy*); la cargneule repose sur un *calcaire saccaroïde*, et celui-ci est incliné contre des couches de *quartzite* (*q*) qui ont pour prolongement la Pointe de Taniel de l'autre côté de la vallée. Toutes les couches plongent à peu près au S.-E. Dans cette localité, la majeure partie du quartzite est réduite à l'état de sable, comme dans le voisinage du tunnel des Alpes près Modane; on exploite ce sable siliceux pour les fonderies de la Valpeline, où il est connu sous le nom de tuf. Au delà du quartzite apparaît le *terrain houiller* (*hp*) composé de schistes argileux noirs et de grès. Il est comprimé et semblable à celui de Limassey qui occupe le revers méridional de la montagne de Praz d'Arc. Ce terrain se prolonge à l'E. de la montagne du Pain de Sucre, voisine du St-Bernard, et à l'O. de la Pointe de Taniel qui semble en former la base. Il est enfermé dans un espace fort étroit, d'où il continue au col Fenêtre dont nous parlerons plus tard. Par conséquent, le prolongement du terrain houiller qui occupe un si large espace en Tarentaise, est resserré à Limassey et écrasé près du Grand St-Bernard.

On voit encore dans la coupe (Pl. XXV, fig. 7), au-dessous du terrain houiller (*hp*), de nouvelles couches de *quartzite*

[1] *Mém. de l'Acad. de Turin*, 1784-85, I, 201.

[2] Cette figure n'indique que la succession des couches et ne représente pas la forme du sol.

(*q'*) remarquables même de loin par leur teinte jaune. Le **Pain de Sucre** (2857 mètres), formé lui-même de quartzite, est sur le prolongement de la roche dont je parle. Au-dessous du quartzite on rencontre la *cargneule et le calcaire saccaroïde* (*ca'*) qui s'appuient sur de grandes et hautes aiguilles de *calcaire micacé ou cipolin* (*ci*), nommées les Vents-Aigoz (3011 mètres) ou les Aiguilles de Forchons. Nous retrouvons encore ici le même renversement dont nous avons déjà parlé au col des Encombres (§ 658) et ailleurs. Les terrains de cette coupe, depuis la fin des schistes cristallins jusqu'au commencement des couches de cipolin, occupent à peine un espace d'un kilomètre.

§ 683. — Le **col Fenêtre** (2699 mètres), que de Saussure appelle Col entre les deux Fenêtres, n'est pas éloigné de la localité dont je viens de parler. Je l'ai examiné trois fois, et c'est avec quelque peine que j'ai relevé la coupe suivante, parce que les roches sont recouvertes par places de débris pierreux et de neige, et que leurs affleurements ne sont pas rectilignes, mais courbés. Les couches sont dirigées d'une manière générale du N. au S. ou du N. 10° E. au S. 10° O., en plongeant de 45° à l'E. environ.

La coupe représentée (Pl. XXI, fig. 2) est prise sur une ligne droite tirée du Pic de Barasson (à l'E. du St-Bernard) au Mont-Dolent (chaîne du Mont-Blanc), en passant par le col Fenêtre. J'ai rapporté sur cette ligne quelques points qui n'en sont pas éloignés. Voici la coupe du col, en commençant à la partie culminante et en énumérant les couches de haut en bas :

Calcaire magnésien *(12)*, très-chargé de matières talqueuses, exploité comme chaux pour les constructions de l'hospice. On peut le regarder comme étant de la cargneule ; il

a une centaine de pieds de puissance, et il occupe le sommet du col.

Schiste argilo-talqueux, satiné, lustré *(11)*, au-dessous de la couche précédente; il renferme un filon de quartz dans lequel j'ai recueilli des cristaux de feldspath jaunâtre.

Quartzite *(10)* formant une bande peu épaisse.

Schistes argilo-talqueux *(9)*, luisants, lustrés avec veines et noyaux de quartz; 150 mètres d'épaisseur environ. Une partie de ces schistes vient buter contre le quartzite *(10)*, et cesse entre le lac et le col Fenêtre, tandis qu'une autre partie contourne cette même roche. De Saussure avait déjà fait une remarque analogue[1].

Énorme masse de calcaire micacé, talqueux ou cipolin plus ou moins bréchiforme *(8)*. J'en ai déjà parlé (§ 580); ce terrain est semblable à celui du col de la Seigne (§ 566), du Mont-Favre (§ 671), de la Grande-Rochaire (§ 679) et de Pierre-à-Voir (§ 589 *bis*) dont il est le prolongement. La partie supérieure de ce calcaire est voisine du point où l'eau des lacs se précipite dans un grand entonnoir, et l'escarpement le long duquel on descend du col Fenêtre au val Ferret est composé de cette roche. Elle forme encore au S.-O. la pointe du Grand Golliaz, élevée de 3240 mètres. Enfin, elle constitue une partie de la montagne où se trouve le col Ferret et toute la chaîne élevée comprise entre la vallée de ce nom et la combe de Lâ. Près des lacs du col Fenêtre, on remarque un monticule dont la surface est polie et striée.

Revenons maintenant à la couche *(12)* du sommet du col et examinons la succession des terrains en remontant la série et en nous rapprochant du Grand St-Bernard.

Schiste argileux noir *(13)*, reposant sur le calcaire dolo-

[1] *Voyages*, § 997.

mitique *(12)*, et renfermant de l'anthracite qu'on a exploitée pour cuire de la chaux ; il appartient, je pense, au terrain houiller.

Quartzite *(14)* ayant environ 300 mètres de puissance, formant des masses remarquables par leur stratification ondulée. Telles sont : la Pointe de Dronaz, la Tour des Fous (2859 mètres) et le Pain de Sucre (2857 mètres)[1]. Cette roche est quelquefois chloriteuse, comme sur le revers oriental de cette dernière montagne, mais à l'ordinaire elle est très-légèrement talqueuse et blanche ; vue à la loupe, elle présente souvent l'aspect d'un grès.

Schistes talqueux *(15)*, formant la montagne de la Chenalette et tous les **environs de l'hospice du Grand-Saint-Bernard** ; ces schistes ressemblent au gneiss ou sont chloriteux, et renferment du fer oxydulé. On y a trouvé des noyaux allongés, quelquefois bacillaires, d'une substance noire argileuse qui a du rapport avec la mâcle. Ce minéral est fréquent dans les terrains paléozoïques, et il n'y aurait rien d'improbable à ce que les schistes voisins du Grand St-Bernard appartinssent à l'une de ces anciennes formations.

§ 684. — Il y a au col Fenêtre une certaine roche polie sur l'origine de laquelle de Saussure a fait une sorte de dissertation[2], et qui semble avoir été la paroi d'une fissure polie par un glissement produit dans les roches ; c'est au moins l'avis de De Luc[3], de Necker[4] et de M. Fournet[5]. Je n'ai point vu cette roche, n'ayant jamais passé le col

[1] Pictet, *Itinéraire*, 1829.
[2] *Voyages*, § 996.
[3] *Lettres phys. et morales*, V, 437.
[4] *Études géologiques*, p. 193.
[5] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVI, 1034.

Fenêtre avec un guide qui pût m'en indiquer exactement la position. De Saussure signale encore dans les environs de ce passage, du fer oligiste et de la plombagine. Ces observations ont été reproduites par le R. P. Bisselx dans son histoire naturelle du mont St-Bernard[1].

§ 685. — L'accueil que j'ai reçu à l'**Hospice** du Grand St-Bernard[2] a toujours été des plus affables. En 1856, l'un des Pères du couvent voulut bien me diriger dans une excursion à la **Chenalette** (2889 mètres) et à la **Pointe de Dronaz** (2949 mètres), où nous passâmes quelques heures à contempler la vue admirable des montagnes de la Savoie et du Valais; puis je descendis au col Fenêtre par des passages peu pratiqués. La Chenalette est composée des schistes cristallins, dont j'ai parlé, et la Pointe de Dronaz est de quartzite, comme je l'ai indiqué (Pl. XXI, fig. 2).

Dans le temps où l'on parlait de percer un tunnel pour franchir les Alpes au **col de Menouve** à l'E. du St-Bernard, je fis une course de ce côté en passant par le flanc du Mont-Mort et sur la pente du Mont-Barasson. Je remarquai dans les environs de l'Hospice des surfaces moutonnées et arrondies, s'élevant jusqu'à 2600 mètres environ. Les roches qu'on voit dans cette course sont des schistes cristallins talqueux, semblables à ceux de la Chenalette et du revers méridional de la chaîne (§ 681); ils contiennent des grenats et des nodules noirs qui ressemblent à la mâcle. J'ai peut-être tort de désigner de cette manière ce minéral.

[1] Notice lue à la *Soc. helvét. des Sc. nat.*, réunie à St-Gall le 26 juillet 1819. *Biblioth. univ., Sc. et Arts*, 1819, XI, 265 et XII, 43 et 144.

[2] Le baromètre du Grand St-Bernard, qui depuis tant d'années sert à des observations météorologiques, est à 2478m,34 au-dessus du niveau de la mer (hauteur de la cuvette du baromètre), d'après MM. Plantamour et Burnier, si l'on adopte 376m,64 comme étant l'élévation de la plaque de bronze de la Pierre-du-Niton (§ 3). *Archives*, 1855, XXX, 103.

parce que M. Grandeau[1] a recueilli dans la roche du Grand St-Bernard des rognons qu'il a analysés, et dont la composition diffère de celle de la mâcle; toutefois, comme il n'indique pas la couleur de ces rognons, je ne puis savoir si nous avons en vue la même substance. Quoi qu'il en soit, l'analyse lui a fourni le résultat suivant :

Silice	73,58
Alumine	14,74
Magnésie	6,45
Soude	4,52
Chaux	0,00
Potasse	0,00
Ac. titanique	Traces
	99,29

On trouve quelquefois avec ces schistes talqueux de vrais gneiss, et l'ensemble de ces roches appartient à l'extrémité occidentale d'un grand massif de terrain cristallin ou paléozoïque qui occupe la partie méridionale du Valais, en sorte que les montagnes de calcaire cipolin et de schistes lustrés qui s'étendent du col Fenêtre au Mont-Blanc sont situées entre deux massifs de roches anciennes.

Les schistes talqueux et les gneiss forment une grande partie du **mont Velan** à l'E. du Grand St-Bernard; toutefois pour arriver au sommet, on suit une arête composée de serpentine, à en juger par les renseignements et les échantillons qui m'ont été donnés.

§ 686. — La descente du St-Bernard au **Bourg Saint-Pierre** n'offre aucun fait géologique remarquable; on chemine toujours sur les mêmes schistes cristallins. Près du chalet des Tronchets on a découvert, dit-on, des cristaux

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859. XVII, 134.

d'andalousite ; je n'ai pu trouver de documents positifs sur ce sujet.

Au Bourg St-Pierre, la roche est un pétrosilex micacé, talqueux, peu stratifié. Il a du rapport avec celui de Pissevache. Les couches sont dirigées du N. 15 à 20° E. au S. 15 à 20° O. et plongent à l'E.-S.-E. environ, en se rapprochant de la verticale. Du Bourg St-Pierre on peut visiter la vallée nommée **Valsorey** par de Saussure et **Vassorey** sur la carte fédérale. Le glacier de ce nom avait envahi de 1815 à 1825 un plateau actuellement (1856) couvert de pierres. Trois glaciers se réunissent pour former le glacier inférieur de Vassorey; celui de Tzeudet à l'O., celui de Vassorey au S. et celui du Sonadon à l'E.; une paroi de rocher traverse ce dernier, en sorte que la partie inférieure de ce glacier n'est alimentée que par des avalanches.

Les moraines du glacier de Vassorey, sur lesquelles il y a fort peu de roches amphiboliques et point de serpentine, sont presque entièrement composées des schistes gris et des schistes verts de M. Studer. La première de ces roches est un schiste talqueux, la seconde un schiste chloriteux. Toutes deux forment les montagnes voisines et font partie du système des Alpes orientales : c'est pour cette raison que j'ai mis quelque soin à en mesurer la direction, et quoiqu'elle ne soit pas constante, je pense qu'elle court du N. 20° E. au S. 20° O. Cette direction est la même que celle que j'ai observée entre le Bourg St-Pierre et la Cantine.

J'ai traversé le glacier pour aller à la Gouille à Vassu qui a été décrite par de Saussure [1], et je n'ai vu que le bassin d'un petit lac creusé presque entièrement dans la glace. Il s'était vidé la veille de ma visite.

[1] *Voyages*, § 1013.

§ 687. — Du Bourg St-Pierre à Liddes il y a peu d'observations à faire. Les monticules à gauche de la route sont de schistes cristallins, et la dépression dans laquelle la Dranse a établi son lit est creusée dans la même roche. Si l'on fait une course sur la rive gauche de cette rivière, on la traversera sur un pont fort pittoresquement situé et qui mérite d'être visité. Les schistes cristallins n'occupent pas une grande étendue au delà du pont, et ils s'appuient sur le terrain houiller au-dessous du chalet de Champ-long. La jonction de ces deux terrains se voit sur la rive droite de la Dranse, au ravin de **Pallazuit** au-dessus de Liddes, et parmi les dernières roches cristallines on remarque un gneiss glanduleux avec des noyaux de feldspath.

Le village de **Liddes** (1338 mètres) est bâti sur une terrasse glaciaire formée de couches irrégulières de sable très-fin, renfermant beaucoup de talc et des blocs de protogine du Mont-Blanc, qui proviennent évidemment du val Ferret. Il est probable qu'à l'époque de la grande extension des glaciers, celui de cette dernière vallée, qui s'élevait jusqu'à Plein-y-bœuf (§ 88), a envoyé à Liddes une de ses branches qui y a déposé des blocs erratiques.

Entre Liddes et Orsières on remarque des terrasses qui s'élèvent à 70 ou 80 mètres au-dessus de ce dernier village, l'une d'elle forme le plateau nommé Pont-Sec.

Les **montagnes situées à l'O. et au S. de Liddes** constituent un groupe bien limité, borné par la Dranse à l'E., par le val Ferret à l'O., par Orsières au N. et par le col Fenêtre au S. J'ai visité ce massif en allant à la Pointe de Dronaz et au col Fenêtre; en faisant la course de Plein-y-bœuf; puis en le traversant de Pra de Fort (val Ferret) au Bourg St-Pierre et en allant de Liddes visiter la Combe de Lâ dans sa longueur, pour passer par la vallée

des Planards et redescendre au Bourg St-Pierre. Je dirai quelques mots de ces courses.

Je dois à l'obligeance de M. l'ingénieur Gerlach quelques renseignements qui m'ont été fort utiles pour l'étude de ce massif. Il a bien voulu me faire connaître sur une carte le tracé des diverses formations qu'on y distingue. Ce dessin m'avait donné le désir de revoir ce massif; en sorte qu'en 1863 je fis de nouvelles courses, et je crois avoir réussi à acquérir une idée juste des montagnes arides et monotones qui sont situées sur les deux rives de la Combe de Lâ ou de Tsissettaz (Pl. XXVI, fig. 4).

Le gypse et la cargneule sont visibles au passage dit du Creux, au-dessus du village de Dranse : ces roches sont entourées de schistes argilo-talqueux, lustrés, blancs ou noirs, qui les recouvrent presque horizontalement, en plongeant un peu à l'O., contrairement au reste de la chaîne. Je n'ai pas suivi le prolongement de cette couche du côté du N. ; mais il me semble qu'on peut y rattacher les cargneules et les gypses indiqués près du Chable sur la carte géologique de la Suisse, et ceux que j'ai examinés au col d'Établon (§ 589 *bis*). Cette couche sépare les montagnes situées à l'E. de la Combe de Lâ de celles qui sont à l'O.

Ces dernières sont formées de quatre ou cinq grands pics d'un calcaire gris et blanc, micacé, vrai cipolin. Le plus élevé est nommé le Clocher et atteint 2873 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ces pics sont taillés avec une grande hardiesse et composés d'une roche solide; tandis que la chaîne de la rive droite de la Combe de Lâ se présente en forme de longue arête monotone, d'un gris noir, formée de schistes argileux, de grès plus ou moins micacés, renfermant çà et là de petits gisements d'anthracite. J'en ai examiné un en face du chalet de Tsissettaz. Le mur de ce combus-

tible est formé d'un schiste argileux plissé, satiné, clivé, contourné, et le toit d'un schiste gris, talqueux, au-dessus duquel se trouve un grès avec quelques cailloux. Il est important de remarquer que dans les parties où les cailloux manquent, le grès ressemble à du gneiss. Les deux chaînes qui occupent les rives opposées du torrent de Tsissettaz ont donc des caractères très-différents, et sont séparées par l'affleurement du gypse et de la cargneule.

§ 688. — En 1856, je traversai ces montagnes, **de Pra de Fort au Bourg St-Pierre.** En montant du val Ferret sur la première chaîne et en passant par le chalet de la Sasse, je ne vis que des roches de cipolin, quelquefois bréchiformes, associées à des schistes argilo-talqueux et à des schistes argileux dont quelques-uns ont du rapport avec les schistes rubannés des environs de Moûtiers en Tarentaise. Les couches sont dirigées du N. 15 à 20° E. au S. 15 à 20° O. et sont redressées contre le Mont-Blanc, de telle sorte qu'elles paraissent s'appuyer contre les calcaires jurassiques du val Ferret. Dans le versant O. de la chaîne qui nous occupe, on remarque un affleurement de cargneule qui s'étend des environs d'Orsières au col de la Peula (col Ferret). Enfin, à la partie supérieure de la chaîne il y a quelques gites d'anthracite dans le calcaire cipolin. A la Sasse, le combustible est accompagné de grès; il en est de même à Révedin, où l'on voit à 70 mètres au-dessus de l'anthracite, un amas de calcaire saccaroïde blanc, avec quelques veines de mica argenté et quelques filons de quartz.

Ces gisements de combustible, qui ne contiennent pas de végétaux fossiles, n'appartiennent pas au terrain houiller. Le cipolin qui les renferme est le prolongement de celui du col de la Seigne, du Mont-Favre, du Cramont, de Villarly

(§ 658) et paraît être contemporain des schistes lustrés du Mont-Cenis, c'est-à-dire triasique.

Après avoir examiné l'affleurement de la cargneule et du gypse du *thalweg* de la Combe de Là, je franchis la chaîne de la rive droite, composée du vrai terrain houiller, prolongement de celui de Limassey (§ 680), du Petit St-Bernard et de celui qui existe entre Aime et Pesey. Les couches voisines du chalet de **Champ-long** sur le versant oriental, sont dirigées du N. 20 à 25° E. au S. 20 à 25° O. et plongent au S.-E. environ, avec une inclinaison de 75°. En se rapprochant de la Dranse, les couches deviennent plus quartzeuses, et la rive droite de cette rivière est formée par les schistes cristallins dont j'ai déjà parlé (§ 687).

En résumant cette coupe et en la suivant de l'E. à l'O., on voit que les schistes cristallins sont juxtaposés au terrain houiller; ce dernier s'appuie sur la chaîne de calcaire cipolin triasique dont il est séparé par du gypse et de la cargneule. Le cipolin, qui est lui-même associé à du gypse et à de la cargneule sur la rive droite du val Ferret, s'appuie sur le calcaire jurassique de la rive gauche de cette vallée, lequel est en contact avec la protogine. Cet arrangement est difficile à expliquer : on pourrait peut-être l'éclaircir en admettant la présence de diverses failles, ou en supposant des contournements analogues à ceux du Perron des Encombres, sur le prolongement duquel se trouvent les chaînes dont je viens de parler; mais ces contournements ne se voient pas.

§ 689. — En 1863, je suivis la **Combe de Là** et je passai au chalet de la Vouasse (2401 mètres), situé dans un cirque de montagnes où l'on remarque une ancienne moraine de glacier; on en voit également une autre au pied de la Pointe de la Tzavraz. Je montai le névé de la Rossa pour

atteindre le **col de Lâ** (2752 mètres. On y observe une masse de gypse singulièrement sculptée par les pluies et les orages; elle est recouverte par de la cargneule, ce qui semble indiquer un renversement, parce qu'ordinairement le gypse est au-dessus de la cargneule, et c'est par suite de ce renversement que le terrain houiller de la Combe de Lâ s'appuie sur la chaîne de cipolin triasique.

La couche de gypse et de cargneule, à partir du Creux où nous l'avons examinée, suit la Combe de Lâ, passe au col de ce nom, au col Fenêtre et au col Seréna. Du col de Lâ, je gagnai la **vallée des Planards** où l'on a travaillé à une mine d'anthracite trop élevée pour que l'exploitation en soit facile. Le toit de la mine est de grès houiller traversé par des veines de quartz contenant des cristaux de cette substance, et le mur est un schiste argileux tellement plissé, qu'il ne peut, je crois, renfermer des empreintes végétales; j'en ai du moins vainement cherché.

§ 690. — Ce terrain houiller, dont nous avons indiqué la limite à Pallazuit près de Liddes, se prolonge au Nord sur la rive droite de la **vallée d'Entremont**, où il renferme de l'anthracite à Champdonne et à Comeire. On le retrouve encore sur la rive gauche du Rhône, **en Valais**, au col d'Établon (§ 589 *bis*, Pl. XXI, fig. 5), à Iserable, à Nendaz, à Apre, à Chandoline et à Bramois. M. Girard, qui l'a étudié [1], croit qu'il est plus récent que les schistes gris et verts du Valais, mais plus ancien que le gypse et le verrucano. Il est probable que ce savant désigne sous ce dernier nom les grès et les conglomérats qui sont l'équivalent des grès arkoses et des quartzites.

A **Chandoline** près de Sion, l'anthracite est dans un

[1] Girard, *Geologische Wanderungen*, I, Halle, 1861, 10me lettre.

CHAPITRE XXVIII

GÉNÉRALITÉS ET DU TERRAIN GRANITIQUE

I. GÉNÉRALITÉS. Du but de ce chapitre et des suivants, § 692. — Table des terrains du voisinage du Mont-Blanc, 692 *a*.

II. DU GRANIT ET DE LA PROTOGINE. Cette dernière roche se trouve en divers pays, 693. — En Savoie, 693 *a*. — Gisement; les rivières traversent les massifs granitiques, 693 *b*. — Variétés, filons. Vrai gran[illegible] Analyses de trois variétés, 694. — Origine des roches granitiques. [illegible] quartz; quartz de St-Acheul, 694 *a*. — Du feldspath, 694 *b*. — Du m[illegible] et du talc. Eozoon canadense, 695. — Ces substances ont été form[illegible] sous l'influence de l'eau. Observations de MM. Scheerer, des Cloizeaux, Tschermak, Gruner, 695 *a*. — Résumé; formation des roches granitiques. Neptuniens. État de la terre à l'époque granitique. Pression de l'atmosphère, de l'eau, de l'acide carbonique, 695 *b*. — Formation du granit et des schistes cristallins dans la mer, 696. — La lave est p[illegible] ancienne que le granit. Composition des roches cristallines; la lave [illegible] la roche primitive, 696 *a*. — Filons remplis par une roche non [illegible] Pression. Expériences de M. Tresca. Pression au centre de la terre, [illegible]

I. GÉNÉRALITÉS.

§ 692. Après avoir réuni dans les chapitres précédents nos propres observations et celles de nos devanciers, suivant un ordre géographique, je crois nécessaire de les résumer dans un ordre géologique.

La géologie ayant pour but de fournir une histoire complète de la terre depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours, les observations isolées que j'ai faites doivent, il me semble, être groupées de manière à concourir, pour leur petite part, au but final que la science s'efforce d'atteindre. Je vais donc examiner successivement les formations géologiques qui composent le sol des parties de la

Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc que j'ai étudiées, et en rappeler les différents caractères. Ceci est encore du domaine de l'observation. Mais le naturaliste est forcément conduit à un système, car il ne peut observer pour observer; aussi ajouterai-je à ce résumé l'exposition de quelques idées théoriques. J'en serai aussi sobre que possible, parce que l'expérience m'a montré que les observations persistent dans la science plus longtemps que les théories et qu'on ne doit pas attacher trop d'importance à ces dernières. Cette position relative de ces deux ordres de travaux est naturelle : une observation constate un fait immuable, mais l'interprétation de ce fait peut se modifier à mesure que la lumière pénètre dans les parties obscures de la science, et comme on ne s'approche que peu à peu de la vérité, les fluctuations dans les théories sont loin d'être terminées.

Les idées théoriques que j'exposerai seront déduites de l'inspection de la région que j'ai examinée. Peut-être pourront-elles s'appliquer à d'autres pays; mais si des géologues arrivent à des systèmes différents, et qu'ils les établissent plus solidement que les miens, on en conclura que j'ai été dans l'erreur, ou que le monde n'est pas fait sur le modèle de la Savoie.

Si l'ordre que j'ai suivi dans les chapitres précédents m'a offert assez d'avantages pour que je l'aie adopté, il a le défaut de ne point faire connaître la position relative des diverses formations du sol de la Savoie.

§ 692 *a*. Le tableau ci-joint comblera cette lacune.

Terrains de la Savoie.

Quaternaire. § 800	Alluvions actuelles, § 17.
	Alluvions des terrasses, § 24.
	Terrain glaciaire, § 47 et suiv.
	Alluvion ancienne, § 78.
Tertiaire. .	Mollasse d'eau douce, § 798.
	Grès tongrien, § 796.
	Macigno alpin et grès de Taviglianaz, § 792.
	Étage nummulitique proprement dit, § 788.
Crétacé . . § 777	Craie, § 787.
	Gault, § 784.
	Aptien, § 783.
	Urgonien, § 781.
	Néocomien, § 778.
	Valangien, id.
Jurassique.	Kimmeridien § 766.
	Corallien, id
	Oxfordien, id.
	Callovien, id.
	Jurassique inférieur, id
	Liasique, § 762.
	Infra-liasique, § 760.
Triasique. . § 741	Argiles et marnes rouges.
	Couche supérieure de cargneule et de gypse.
	Schistes lustrés et calcaire micacé.
	Couche inférieure de cargneule et de gypse.
	Calcaire de l'Esseillon.
	Schiste argilo ferrugineux rouge et vert.
	Grès arkose ou quartzite.
Carbonifère. § 699	Schiste argileux à empreintes végétales.
	Grès et poudingue de Valorsine.
Cristallin. .	Schistes cristallins et serpentine, § 697.
	Granit et protogine, § 693.

Maintenant passons en revue chacun de ces terrains, et rappelons les observations que nous avons faites à leur

sujet, en suivant l'ordre indiqué dans le tableau précédent parcouru de *bas en haut;* cet ordre est celui de la succession des périodes dans l'histoire de la terre.

II. DU GRANIT ET DE LA PROTOGINE.

§ 693. Il est fort probable que le dernier mouvement du sol des environs du Mont-Blanc s'est fait sentir après le dépôt de la mollasse miocène. Nous n'examinerons point maintenant si, dans cette région et avant cette époque, les roches granitiques étaient déjà arrivées à la surface du globe; mais il est vraisemblable que, dans la dislocation qui a redressé le terrain tertiaire des environs de Genève, les roches granitiques ont affleuré sur un espace infiniment plus considérable que celui qu'elles occupaient auparavant. Par conséquent, **l'apparition** des roches granitiques dans cette portion des Alpes est relativement récente, tandis que leur **formation** dans l'intérieur de la terre remonte à la période la plus ancienne de l'histoire géologique du globe. C'est donc par l'étude de ces roches et en particulier par celle de la **protogine** que nous commencerons.

Cette roche n'est pas seulement répandue dans les Alpes; elle se trouve fréquemment ailleurs: dans les îles Shetland [1] et dans la Turquie d'Europe [2], en Auvergne [3] et dans le Caucase [4], dans les Vosges et en Abyssinie [5]. M. Dana croit que **le kaolin**, employé en Saxe et ailleurs à la fabrication de la porcelaine, est produit par une décomposition de

[1] Necker, *Biblioth. univ. de Genève*, 1840, XXVII, 371.

[2] Viquesnel, Voyages. *Mém. de la Soc. géol. de France*, 2[me] série, t. I. Boué, *Bull. Soc. géol. de France*, VIII, 7.

[3] Bouillet et Lecoq, Vues et coupes des principales formations du département du Puy-de-Dôme, 1830.

[4] Dubois de Montperreux, *Voyage au Caucase*, IV, 184.

[5] Rivière, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, VI, 252.

la protogine plus rapide que celle du granit. Nous ne connaissons pas ce genre de décomposition dans les Alpes; il ne s'y trouve pas d'amas considérables de kaolin; tout au plus y en a-t-il quelques petites veines à la jonction des schistes cristallins et de la cargneule, au Chapeau (vallée de Chamonix) et au ravin des Herbagères, près du col de Balme.

§ 693 *a*. Dans le massif du Mont-Blanc, la protogine occupe à peu près le centre de la chaîne; elle est entourée d'une grande épaisseur de schistes cristallins, excepté du côté du val Véni, du val d'Entrèves et du val Ferret.

La vraie protogine est rare dans la chaîne des Aiguilles Rouges; elle y est en général rose et schisteuse; elle est plus rare encore dans le massif de Beaufort (§ 624), et le gneiss porphyroïde de Cevins (§ 632) semble la remplacer dans la chaîne centrale entre Albertville et Moûtiers.

Dans les limites de ma carte géologique, la plus grande des masses réellement granitiques est celle de Beaufort; comme à Valorsine le granit y est porphyroïde. Il se montre aussi dans la vallée de Poncellamont (§ 645).

§ 693 *b*. M. Delesse a rangé avec raison la protogine parmi les granits (§ 495); elle mérite ce nom sous tous les rapports, mais elle est une variété distincte de ce groupe de roches. Ce fait a été constaté par les nombreux savants qui se sont occupés de lithologie. L'apparence, la structure, le gisement et même jusqu'à un certain point la composition de cette roche, confirment cette manière de voir. En effet, on distinguera toujours à la vue une vraie protogine d'un vrai granit; les montagnes qu'elle constitue sont terminées à leur partie supérieure par des aiguilles plus nombreuses que les montagnes granitiques; elle ne forme pas

de filons. La stratification y est mieux marquée [1], et lors même que le minéral qui a été pris longtemps pour du talc soit du mica (avec une proportion d'alumine assez faible et une proportion de fer assez forte), la protogine renferme toujours du talc.

Si nous trouvons quelques différences entre le granit et la protogine, il y a d'autres caractères communs à ces deux roches. Parmi ceux-ci, on peut en constater un qui ressort du **mode de gisement** des terrains cristallins dans nos Alpes, et qui vient confirmer ce que j'ai dit (§ 598) au sujet de l'état de solidité du granit et de la protogine lors de leur apparition. On remarquera que les vallées étroites, les cluses, dans lesquelles coulent les rivières, ne se détournent pas de leur direction lorsqu'elles sont en contact avec les terrains de cristallisation, et que ceux-ci ont été coupés par les fissures qui ont déterminé la direction des grands cours d'eau dans les Alpes (§ 193).

Ce fait s'observe en Valais, près de Martigny, où le Rhône traverse l'extrémité N.-E. de la chaîne du Mont-Blanc. Il est vrai que celle-ci est composée de schistes cristallins; mais un peu en aval le même fleuve coupe la chaîne des Aiguilles Rouges. L'Arve traverse également l'autre extrémité de cette dernière chaîne entre les Ouches et Servoz; le Doron passe au travers du massif granitique de Beaufort; le torrent du val Poncellamont coupe la partie granitique du massif du Grand-Mont; l'Isère traverse la chaîne centrale des Alpes entre Moûtiers et Albertville; l'Arc en fait de même en Maurienne, et la Doire, près de Courmayeur, sépare la montagne de la Saxe et le Mont Chétif, qui appartiennent tous deux à la même chaîne. Je

[1] Necker, *Biblioth. univ.*, Sc. et Arts, 1826, XXXIII, 67.

pourrais trouver encore de nombreux exemples dans les Alpes suisses et françaises en dehors de ma carte, mais en voilà assez. Ces faits montrent que la présence des roches cristallines n'a eu aucune influence sur la formation des vallées, et que les cassures ou fissures auxquelles elles doivent leur origine n'ont été ni détournées, ni comblées par les roches granitiques. Les dislocations de la croûte de la terre, qui sont la cause de l'origine des vallées, se sont faites aussi bien au travers des roches cristallines qu'au travers des roches de sédiment; par conséquent, au moment de l'exhaussement des Alpes et de la formation des vallées, ces roches, d'ordres si différents, avaient la même solidité, et ni les unes ni les autres n'étaient à l'état pâteux.

§ 694. La protogine présente de nombreuses variétés, qui proviennent de différences dans les proportions et les couleurs des trois ou quatre éléments qui la composent. Elle peut être quartzeuse, feldspathique ou chloriteuse; elle peut être d'un rose plus ou moins foncé, ou verte lorsqu'elle est colorée par de l'épidote ou par des matières talqueuses. Les roches dont j'ai indiqué les noms (§ 497) lui sont souvent associées.

Je ne pense pas que la vraie protogine se trouve **en filons**, tandis que le granit en forme souvent, particulièrement dans les schistes cristallins. Les filons les plus remarquables dont nous ayons parlé sont ceux de Valorsine, de la Poyaz (§ 471), du Salentin (§ 477), des environs de Pissevache et du Trient (§ 483). Cependant, on en voit dans la chaîne du Mont-Blanc au chalet de la Para (§ 536), au glacier du Trient (§ 515), dans le val de Poncellamont (§ 645), etc.

Les filons de quartz avec tourmaline sont antérieurs au

terrain houiller, car on en trouve des cailloux dans le poudingue de Valorsine (§ 521).

Quoique la plus grande partie de la roche granitique du Mont-Blanc soit de la protogine, on y trouve aussi du **vrai granit.** M. Delafontaine a bien voulu faire l'analyse de trois variétés de ce granit contenues dans le bloc erratique de la commune de Pers-Jussy [1], dont j'ai parlé à l'occasion de l'Aiguille du Midi (§ 537). La première est un granit ordinaire, dans lequel les éléments sont également disséminés les uns dans les autres et dans lequel on reconnaît du quartz, du feldspath et du mica noir. La composition indiquée ci-dessous nº I est une moyenne obtenue par trois dosages, dans lesquels la silice a varié de 60 à 82 %. On peut croire que sur les 76 % de silice 40 sont à l'état de quartz.

La seconde variété nº II est une roche porphyroïde tout à fait semblable au porphyre euritique ou au porphyre gris cendré de la base du Montanvert (§ 500) ou de l'Aiguille du Midi; elle renferme à la vue et en réalité moins de quartz que la roche précédente. Ce porphyre forme dans l'intérieur du granit des nids ou des rognons qui n'ont aucun rapport avec des cailloux roulés.

Enfin, la troisième variété nº III se trouve en nids ou rognons dans l'intérieur de la première; le mica y est tellement abondant, qu'il donne à la masse une teinte noire, quoiqu'on aperçoive encore des éléments feldspathiques et quartzeux parmi les lamelles de mica. La silice y est moins abondante encore que dans les deux variétés précédentes, et sur la quantité signalée, 7 à 8 % sont à l'état de quartz libre.

[1] Pas loin de la ville de La Roche, à l'O. de Bonneville, vallée de l'Arve.

Voici les analyses :

	Granit N° I.	Porphyre N° II.	Amas presque noirs N° III.
Silice	76	64	61
Alumine.	12	18	18,5
Potasse et soude . .	9	14	14,5
Chaux.	3	4	4,2
	100	100	98,2

Ces résultats ont beaucoup de rapport avec ceux qui ont été consignés au § 495. Des calculs faits par M. Delafontaine, il résulte que les silicates doivent être de l'orthose et de l'oligoklase, ou de l'orthose et de l'andésine. Il est probable que ces trois variétés appartiennent à la même roche dont les éléments se sont groupés de trois manières différentes pendant l'acte de la cristallisation.

On a quelquefois soutenu que ces masses presque noires (n° III) étaient des cailloux empâtés dans le granit ; mais elles ne sont pas plus arrivées à l'état de cailloux dans le granit, que les amas désignés ici sous le nom de porphyre. En effet, si toutes ces petites masses noires provenaient de cailloux roulés, ne serait-il pas singulier qu'elles fussent toutes de la même espèce et qu'elles fussent composées des mêmes minéraux que le granit qui les renferme et que le porphyre auquel elles sont associées? D'ailleurs elles ont des formes angulaires qui ne s'accordent pas avec celles des cailloux roulés, et si on supposait que ce sont des cailloux déformés par le contact du granit en fusion, il serait assez difficile de comprendre pourquoi elles n'offrent aucune trace de vitrification.

§ 694 *a*. Dirigeons maintenant nos recherches dans un sens qui soit de nature à nous dévoiler la mystérieuse **origine des roches granitiques** et de la protogine. Pour essayer

d'éclaircir quelque peu un sujet aussi obscur et aussi discuté que celui-ci, je n'ai pas cherché à faire connaître les nombreux et importants travaux qui y sont relatifs, mais j'ai essayé de réunir et de grouper quelques faits qui me paraissent décisifs. Examinons d'abord quel a été le mode de formation probable de chacun des minéraux qui entrent dans la composition des roches granitiques. Des considérations chimiques, minéralogiques et géologiques nous portent à assigner **au quartz** une origine aqueuse. C'est, en effet, sous l'influence de l'eau que M. Schafhaütl a obtenu des cristaux de quartz artificiels, lorsqu'il a fait dissoudre dans une marmite de Papin, à plus de 100°, de la silice qui s'est précipitée [1].

M. de Sénarmont a produit des cristaux de ce même minéral en faisant dissoudre de la silice gélatineuse dans de l'eau chargée d'acide carbonique et d'acide hydrochlorique, puis en chauffant à la température de 200 à 300°, dans un tube fermé, une certaine quantité de cette dissolution [2].

Les eaux de Plombières, riches en silicate de soude et de potasse, ont donné à M. Daubrée des résultats semblables dans les mêmes circonstances [3], et il a encore obtenu du quartz par d'autres moyens [4], ainsi que M. Cagniard-Latour [5]. Ces expériences nous démontrent que la présence de l'eau n'est pas contraire à la formation de cette substance minérale.

Mais on peut aller plus loin encore dans cette voie; lors-

[1] *Munchener Gelehrte Anzeigen*, 1845, p. 557-596, et *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, 1847, IV, 494.

[2] *Ann. des Mines*, 1853, III, 677. *Ann. de Chimie et de Physique*, 1851, XXXII, 129.

[3] *Études sur le Métamorphisme*, 1860, in-4°, p. 91.

[4] *Comptes rendus de l'Académie*, 1854, XXXIX, 135.

[5] *Institut*, 1847, p. 224-226.

qu'on examine certains quartz[1], et en particulier l'améthyste, on voit qu'elle renferme une substance qui disparaît facilement sous l'influence de la chaleur, qui semble être une **matière organique** et dont la présence est inexplicable dans l'hypothèse de la formation des quartz par voie sèche. Ce genre de considérations a été étendu à l'ensemble du granit par M. Delesse, qui nous dit : « L'existence dans « les roches granitiques de matières organiques volatiles « suffirait à elle seule à démontrer qu'elles n'ont pas été « soumises à une forte chaleur et qu'elles n'ont pas une « origine ignée[2] ; » et cette manière de voir a été confirmée par des observations d'un autre ordre. En effet, M. H. Rose[3] a montré que la silice se trouve à deux états : 1° amorphe, pouvant se produire par voie humide et par fusion, avec une **densité** de 2,2 à 2,3 ; 2° cristallisée avec une densité de 2,6 ; c'est le quartz hyalin ou le quartz du granit qui ne peut se former que par voie humide, ou du moins sous l'influence de l'eau. Cette observation est d'une haute importance.

L'examen des cristaux de quartz conduit à un semblable résultat. Sir Humphry Davy a reconnu dans ces cristaux la présence de cavités renfermant un gaz ou un liquide[4] : M. Brewster[5] s'en est beaucoup occupé, et M. Sorby[6] pense que leur nombre s'élève à 1000 millions par pouce cube dans le quartz du granit. M. Zirkel[7], qui a observé

[1] *Comptes rendus de l'Académie*, 1860, p. LI, 39, 79, 112 et 286.
[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1862, XIX, 402.
[3] Sur les différents états de l'acide silicique, *Ann. de Poggendorff*, septembre 1859 ; *Archives*, 1859, VI, 1.
[4] *Transactions philosophiques*, 1822, 367.
[5] *Trans. Soc. roy. d'Édimbourg*, X, 21, 419 ; XXIII, part. I ; *Ann. de Chimie et Physique*, 1827 ? XXXIII, 103 ; *Institut*, 1863, 206 ; *Philos. Magaz.*, 1863, XXV, 174 ; *Archives*, 1863, XVII, 248.
[6] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XVII, 573.
[7] *Institut*, 1863. p. 271.

ces cavités non-seulement dans le quartz du granit, mais dans celui des porphyres et des trachytes, pense avec raison que l'eau a concouru à la formation de ce minéral; M. Élie de Beaumont[1] et M. Fournet[2] ont discuté ce sujet; et, en résumé, on ne saurait comprendre comment du quartz renfermant des liquides volatiles ou des gaz aurait pu se former à une très-haute température.

L'examen de certains **gisements du quartz** nous amène encore au même résultat; voici quelques remarques sur ce sujet :

De Saussure avait fait une ingénieuse observation sur des cristaux de quartz qui se sont formés après des soies d'amiante (§ 568) : le quartz enveloppe souvent des minéraux qui se fondent facilement, tels que le plomb molybdaté, l'or[3], le cuivre[4], l'antimoine sulfuré, etc., sur lesquels il ne peut avoir cristallé par fusion ignée. On sait que dans les granits on voit fréquemment du quartz moulé sur le feldspath, qui est bien plus fusible que lui; j'ai fait une observation semblable sur le quartz des schistes cristallins (§ 681). On peut assurer d'une manière générale que l'ordre de formation des minéraux dans les roches n'est pas celui de leur solidification, en supposant qu'ils aient été soumis à une fusion ignée. On rencontre encore le quartz cristallisé dans l'intérieur de géodes argileuses et dans certains fossiles jurassiques ou crétacés qui n'ont certes pas été exposés à une haute température. Tous les géologues ont observé ces cristaux, et M. Gruner en signale la présence dans les bé-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1847, IV, 1285; *Comptes rendus de l'Académie*, 15 juillet 1861, p. 83.

[2] *Géologie lyonnaise*, 1861, p. 200, 533, 715; *Comptes rendus de l'Acad.*, 1860. LI, 42; Daubrée, *Étude sur le Métamorphisme* 1860, p. 35.

[3] *Ann. des Mines*, 1864, VI, 447.

[4] *Id.*, 1855, VIII, 200.

lemnites de Sanxais[1]; on en connait dans les fossiles de l'oolite inférieure de St-Vigor en Normandie, dans le bois pétrifié, dans le marbre de Carrare, etc. Les cristaux de quartz bipyramidés s'observent encore dans les gypses triasiques de Matringe (§ 298) et de l'Espagne, et dans les gypses de l'Inde; ils se trouvent en abondance dans le grès nummulitique de Taviglianaz (§ 402), et ces roches, qui n'ont supporté aucune chaleur, n'ont pas de rapport avec celles que, pendant longtemps, on a regardées comme ayant une origine ignée.

Nous avons décrit (§ 483) les beaux filons situés dans le gneiss entre le village de la Barme et la cascade de Pissevache. Plus d'un géologue plutonien les aura considérés comme une preuve de l'origine ignée de certaines roches cristallines; mais nous avons fait remarquer que ces filons sont accompagnés de **veines de quartz** traversées longitudinalement par un joint et formées de fibres perpendiculaires à leur longueur; elles ont une ressemblance frappante avec les veines de calcaire qui traversent les schistes argileux de Mex, au-dessus de St-Maurice (§ 448), et avec celles des schistes du rocher de la Madelaine, près de Moûtiers (§ 637); or il est évident que ces dernières sont formées par voie humide; il est donc probable que les veines de quartz ont la même origine.

Enfin j'ai recueilli à St-Acheul, près d'Amiens, une géode de quartz de quelques centimètres de diamètre, composée de cristaux très-légèrement agglutinés les uns aux autres. Je l'ai trouvée dans le sable siliceux blanc, supérieur aux couches de gravier qui renferment les célèbres haches en silex, et je suis persuadé qu'elle a été formée dans cette

[1] *Ann. des Mines*, 1850, XVIII, 83.

position, aux dépens du sable et depuis que les haches ont été taillées.

Tous ces cristaux de quartz, qui ont pris naissance sous l'influence de l'eau et quelquefois à une température ordinaire, sont identiques à ceux des granits, des protogines, des porphyres quartzifères, des filons de quartz, etc.; par conséquent, le quartz, un des principaux éléments des roches granitiques, a certainement une origine aqueuse.

Nous compléterons les preuves que nous venons de donner en faisant remarquer que les granits et les protogines renferment beaucoup de silice en liberté, et qu'on ne peut comprendre comment, dans l'hypothèse de la fusion ignée du granit, cet acide, qui est si puissant à une haute température, n'est pas entré en combinaison.

§ 694 *b*. Un autre minéral très-important dans le granit est le **feldspath**. Il est fort douteux qu'on ait réussi à le produire dans les laboratoires; on en a trouvé, il est vrai, des cristaux formés par volatilisation dans certaines usines, mais personne ne soutient que le feldspath du granit ait été produit par ce procédé qui semble peu naturel. On a, au contraire, des preuves de l'origine aqueuse de ce minéral dans des **zéolithes pseudomorphosées** en feldspath. M. Descloizeaux a aussi montré que l'orthose et ses diverses variétés n'ont jamais été soumises à une température de 400°, qui est, cependant, inférieure à celle attribuée au granit en fusion par les partisans de l'origine ignée de cette roche; l'orthose subit, en effet, des modifications dans ses **propriétés optiques**, lorsqu'on lui fait éprouver ce degré de chaleur[1].

Certains **gisements** de feldspath fournissent des argu-

[1] *Ann. des Mines*, 1862, II, 327. — *Comptes rendus de l'Acad.*, 1862, LV, 651. — *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1862, XX, 41.

ments décisifs en faveur de la thèse que je soutiens : par exemple, le feldspath albite cristallisé est disséminé dans les calcaires plus ou moins magnésiens des Alpes, et y constitue les *calciphyres* (§ 666). Ces cristaux ne peuvent avoir été formés que sous l'influence de l'eau ; c'est un fait de même ordre que celui des cristaux de quartz dans les gypses triasiques.

§ 695. Le troisième minéral qui entre comme partie constituante des granits et des protogines est le **mica**, avec lequel nous rangeons le **talc**. M. Delesse a fait observer, il y a vingt ans, que cette dernière substance contenait plusieurs centièmes **d'eau** de combinaison et que probablement cette eau avait joué un rôle dans sa formation [1]. Quant au mica, on sait qu'il pseudomorphose quelquefois l'andalousite, la paranthine et la tourmaline, ce qui prouve qu'il peut se former par voie humide. On trouve aussi le mica cristallisé sur des minéraux qui fondent à une température peu élevée. Cette même substance, avec un aspect blanc éclatant, recouvre d'une mince pellicule les belles empreintes végétales de certains gisements du terrain houiller des Alpes, entre autres celles de Petit-Cœur; ce mica ayant la même composition que le schiste argileux sur lequel il repose (§ 633) est un schiste argileux cristallin et n'a certainement jamais supporté de fusion ignée. Enfin, on peut soutenir que beaucoup de matières magnésiennes qui font partie de la chaîne centrale des Alpes ont une origine aqueuse, ou du moins qu'elles ont été formées par des réactions auxquelles l'eau n'a pas été étrangère ; les observations récentes sur l'*Eozoon canadense* confirment cette manière de voir [2]. Elles montrent que des

[1] *Ann. des Mines*, 1846, IX, 321.

[2] *Soc. géol. de Londres*, 23 novembre 1864. — Lyell, Discours à l'Asso-

silicates de magnésie, tels que la serpentine, le pyroxène blanc, etc., ont moulé de la manière la plus délicate les formes de ce foraminifère. Il est évident que ce n'est point par fusion que ce fait s'est accompli, mais qu'il n'a pu avoir lieu que sous l'influence de l'eau; par conséquent, cette serpentine a été formée par voie humide. Pourquoi le talc, qui est aussi un silicate de magnésie, n'aurait-il pas la même origine?

§ 695 *a*. En définitive, nous venons de voir que les principales espèces minérales qui entrent dans la composition des roches granitiques ou des protogines, existent dans des circonstances où elles ne peuvent avoir été formées que par voie humide, et que la plupart des expériences de laboratoire et bon nombre d'observations sur la constitution ou les propriétés de leurs cristaux, nous forcent d'admettre une origine aqueuse pour chacune de ces substances minérales; par conséquent, nous ne pouvons faire autrement que d'assigner cette même origine aux granits et aux protogines.

D'autres preuves qui ne sont pas moins fortes que les précédentes, lors même qu'elles ne se rapportent pas uniquement aux minéraux essentiels des roches granitiques, viennent encore à l'appui de cette importante conclusion : la plupart des substances minérales des filons presque toujours quartzeux des roches granitiques, peuvent s'obtenir par voie humide, à une température plus ou moins élevée, et il serait fort difficile d'en expliquer la formation par voie

ciation britannique réunie à Bath en 1864, traduit *Revue des cours scientifiques*, 1864, p. 714. — Dawson, *On the structure of certain organic remains in the Laurentian limestones of Canada*. Quart. J. of geol. Soc., 1865, XXI, 51. — Carpenter, *On the structure of Eozoön Canadense*. Ibid., p. 59. — *Archives des sc. phys. et nat.*, 1865, XXIV, 378; *Institut*, 1865, p. 204. — D'Archiac, *Comptes rendus de l'Acad.*, 1865, LXI, 192 et 517.

sèche. Au sujet de ces minéraux, M. Scheerer[1] remarque que certaines espèces, telles que l'orthite, le pyrorthite, la gadolinite et l'allanite, qui sont disséminées dans le granit ou dans les filons qui le traversent, sont phosphorescentes et qu'elles perdent cette propriété dès qu'elles ont été chauffées; elles n'ont donc pas supporté une haute température à l'époque de leur formation. D'autres minéraux, tels que la cymophane et la brookite, qui se trouvent dans ces mêmes gisements, subissent aussi des modifications sous l'influence de la chaleur, ce qui a fait dire à M. Descloizeaux que ces faits sont en opposition avec l'opinion qui admet la nécessité d'une haute température pour expliquer la formation des roches où dominent l'orthose et le quartz[2].

Les études de M. Tschermak[3] sur les substances associées au granit du Brésil et des Mourne-Mountains, où l'on trouve des topazes, des aigues-marines, etc., l'ont conduit à admettre que ces minéraux avaient été formés par dissolutions aqueuses. On pourrait multiplier ce genre de preuves, mais ce serait inutile. Il me semble impossible qu'en cherchant à expliquer l'origine du granit, on ne tienne pas compte de ces faits, la plupart incontestables.

Je rappellerai encore une observation d'un ordre différent de celles dont je viens de parler; elle est due à M. Gruner. Ce savant a remarqué que le granit d'Annonay, en France, renferme beaucoup **de fragments de gneiss**, qui ne sont jamais ni fondus ni scorifiés, tandis que des schistes analogues sont journellement scorifiés dans les houillères embrasées; il en conclut que le granit n'était pas dans un

[1] *Archives*, 1859, VI, 14.
[2] Mém. cités.
[3] *Institut*, 1863, p. 27.

état de fusion ignée, quoiqu'il fût fluide ou plus ou moins pâteux, lorsqu'il a enveloppé les morceaux de gneiss [1].

§ 695 *b*. Si nous résumons les caractères des roches granitiques du Mont-Blanc, nous voyons : 1° qu'elles sont formées de minéraux qui ont une origine aqueuse ; 2° qu'elles sont stratifiées : nous l'avons déjà démontré (§ 590) ; 3° qu'elles sont arrivées à la surface de la terre à l'état solide (§ 598) ; 4° qu'elles n'ont pas subi de métamorphisme. Ainsi donc l'étude du gisement des roches granitiques et celle des minéraux dont elles sont formées nous conduisent à admettre que ces roches ont une origine aqueuse et qu'elles ont pris naissance dans les eaux avec les caractères qu'elles présentent aujourd'hui. Nous parlerons plus tard de la formation du granit en filons (roche éruptive) qui semble au premier abord être en contradiction avec cette manière de voir ; son étude nous amènera à reconnaître que tous les phénomènes qui ont concouru à la formation des roches doivent être conciliés dans nos théories aussi bien qu'ils le sont dans la nature.

Comment les roches granitiques ont-elles pu se former ? Ce sujet a donné lieu à de nombreuses et longues discussions qui avaient amené le triomphe de l'école de Hutton sur celle de Werner ; néanmoins de temps à autre, quelques savants [2] ont protesté contre l'origine plutonique de ces roches ; maintenant leur opinion fait de rapides progrès ; mais en attribuant à ces roches une origine aqueuse, nous ne revenons point aux idées de Wer-

[1] Statistique de la Loire, p. 110. *Bull. Soc. géol. de France*, 1859, XVI, 413.

[2] Pictet, *Biblioth. univ. de Genève*, 1802, XIX, 378 ; Breislak, *Introduct. à la géologie*, 1812, p. 141 ; Fuchs, *Acad. de Berlin*, 28 août 1827 ; Bischof, *Ann. de Poggendorf*, 1838, etc., etc.

ner, de de Saussure et de quelques géologues du siècle dernier, d'après lesquels elles auraient été déposées dans une mer semblable à celle qui existe de nos jours. On est conduit, par les expériences de laboratoires, à entrevoir que l'eau et la chaleur sont intervenues dans la formation des roches granitiques[1], et nous nous rapprocherons d'une théorie déjà avancée plusieurs fois[2], d'après laquelle leur origine remonte aux temps les plus reculés de l'histoire de la terre, à l'époque où l'eau du globe vaporisée constituait, avec certains gaz, une puissante atmosphère et commençait à se condenser. La grande pression exercée par cette atmosphère forçait ces vapeurs à passer à l'état liquide à la surface du globe, malgré sa haute température, et ce liquide tenait probablement divers gaz en dissolution.

S'il est permis de comparer des phénomènes qui diffèrent totalement sous le rapport de la grandeur, je dirai qu'il devait se passer sur toute la surface de la terre des réactions analogues à celles qui se font dans les petits tubes de verre fermés, où l'eau réagit sur diverses substances sous l'influence d'une pression qui augmente avec la température élevée à laquelle on les soumet. On sait que MM. de Sénarmont, Daubrée, Deville, etc., ont employé avec succès ces procédés et ont obtenu par ce moyen des réactions variées du plus haut intérêt.

En admettant l'existence de cet état de choses à la sur-

[1] M. Bryson a soutenu l'origine aqueuse du granit. *Proceedings of the Roy. Soc. of Edinburgh*, 1860-61, VI, 456. — Archives, 1862, XIII, 341

[2] Il paraît que M. Parrot s'est occupé de cette théorie dans un ouvrage que je ne connais point. *Institut*, 1838, p. 366. — Mitscherlich, *Ann. de Chimie et Physique*, XXIV, 372. — Collegno, Thèse pour le doctorat, Paris, 18[illegible]. — De la Bèche, Recherches sur la partie théorique de la géologie, 18[illegible]. — Fournet, *Ann. de la Soc. d'agriculture de Lyon*, IV, 558. — Daubrée, Études et expériences synthétiques sur le métamorphisme, 1860.

face de la terre, essayons d'entrevoir comment se sont réalisées les **principales conditions** de la formation des roches granitiques. D'après M. Daubrée, la masse de l'eau des mers seulement, répandue en vapeurs dans l'atmosphère, exerçait à la surface de la terre une pression de 250 atmosphères[1]. Mais ce chiffre est fort loin de représenter la pression à l'époque dont nous nous occupons. En effet, l'atmosphère était encore augmentée de l'eau qui est répandue dans l'intérieur de la terre jusqu'à une profondeur où règne la température de 100°, ou plutôt de l'eau qui a pénétré jusqu'à la zone où la force élastique de la vapeur développée par la chaleur intérieure de la terre fait équilibre à la pression exercée par les eaux superficielles. Il est difficile d'évaluer le volume de cette eau, et l'absence de données précises sur ce point nous engage à nous ranger à l'avis de M. Delesse, qui l'estime égal à celui de l'eau superficielle[2], c'est-à-dire à 1 309 000 myriamètres cubes, en admettant 5000 mètres pour la profondeur moyenne de la mer[3]; par conséquent, nous devons doubler le chiffre de la pression que nous venons d'indiquer et le porter à 500 atmosphères. Ce nombre n'est pas exagéré; car il nous semble probable, comme l'a dit M. Delesse, qu'il y a plus d'eau souterraine que d'eau superficielle, et que le volume de l'eau a peut-être diminué depuis les temps anciens. L'eau, en effet, se combine avec

[1] Ce nombre s'obtient en admettant 1 309 000 myriamètres cubes pour l'eau des mers, et 5094321 myriamètres carrés pour la surface de la terre.

[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XIX, 20 et 64. Revue de géologie pour 1861, *Ann. des Mines*, p. 40 et 134.

[3] MM. Durocher et Malaguti, dans leurs recherches sur l'argent, admettent pour la profondeur moyenne des mers 5000 m., et pour le volume total des eaux 2 000 000 de myriamètres cubes, tout en reconnaissant que ce chiffre est probablement un peu fort. *Annales des Mines*, 1850, XVII, 94.

certaines roches qui deviennent hydratées, et l'on a cru remarquer une diminution de ce liquide depuis l'époque où le globe a pris son relief actuel[1]. S'il en était ainsi, on pourrait croire que cette diminution a été bien plus considérable pendant le temps immensément long où se sont déposés les terrains de sédiment. Par toutes ces raisons, ce chiffre de 500 atmosphères nous paraît trop faible, lors même qu'il ne représente que la pression exercée par l'eau. Il doit être encore augmenté, parce que plusieurs gaz faisaient partie de cette ancienne atmosphère. Le plus important de tous était, sans aucun doute, **l'acide carbonique**, qui plus tard contribua soit à la formation des houilles, soit à celle des calcaires. Ce gaz exerçait une puissante pression. D'après M. Rogers[2], il y a dans le monde 5 000 000 000 000 de tonnes de houille; en prenant pour étendue de la surface de la terre 5 094 321 myriamètres carrés, cette quantité de houille changée en acide carbonique n'augmentait le poids de l'atmosphère que de trois grammes et vingt-cinq centièmes ($3^{gr},254$) par centimètre carré[3], ou environ trois millièmes du poids de l'atmosphère actuelle, qui presse la terre de 1033 grammes par centimètre carré. Cette augmentation produite par l'acide carbonique de la houille est si faible, qu'elle peut être considérée comme nulle dans le calcul que nous faisons.

[1] Boué, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1843, XIV, 435.

[2] *Institut*, 1845, p. 202.

[3] Surface de la terre, 509 432 100 000 000 mètres carrés; la tonne de houille = 1000 kilogr. Composition de l'acide carbonique: 27,65 carbone, 72,35 oxygène pour cent. — M. Duponchel, en basant son calcul sur la quantité d'oxygène contenue dans l'atmosphère, croit que la quantité de carbone s'élève à 375 trillions de tonnes = à une couche de houille de 0m,[illegible] d'épaisseur sur toute la surface de la terre. *Comptes rendus*, 1863, LVI, 261. — Revue de géologie, *Ann. des Mines*, 1864, VI, 475.

Il n'en est pas de même de la proportion d'acide carbonique qui forme les carbonates de chaux, de magnésie, de fer, etc., qui est beaucoup plus considérable. En admettant que les roches fondent à 1200° C., que l'épaisseur de la croûte terrestre soit de 36 000 mètres et que les carbonates entrent à raison de 5 pour 100 dans la composition de cette dernière, la quantité de carbonate de l'écorce terrestre est représentée par une couche de 1800 mètres d'épaisseur, ce qui donnerait un poids d'environ 210 atmosphères d'acide carbonique par centimètre carré sur toute la surface de la terre. Il faut ajouter ce poids au minimum de 500 atmosphères que nous avons déjà indiqué.

Nous aurons donc une pression de **710 atmosphères**, sous laquelle l'eau n'entre en ébullition qu'à une température d'environ 480° C. Peut-être y avait-il encore d'autres gaz dans cette première atmosphère; mais il nous paraît difficile d'évaluer la pression qu'ils exerçaient. Il n'est cependant pas probable que jamais une mer ait eu cette température, parce que ce chiffre suppose la vaporisation de toute l'eau du globe terrestre, et que la diminution des vapeurs atmosphériques était d'autant plus grande que la mer se formait et s'agrandissait. Très-vraisemblablement ces agents, si différents par leur puissance de ceux que nous connaissons aujourd'hui, ne sont pas intervenus avec toute leur force dans la formation des minéraux du granit; c'est ce que l'on peut déduire des remarques de M. Descloizeaux au sujet de l'orthose.

§ 696. Il a fallu un temps immensément long pour que la **condensation des vapeurs** produisît les mers, et pour que celles-ci passassent d'une température voisine de 500° à celle où les animaux pussent vivre. Durant cette époque,

les eaux ruisselaient à la surface du sol, produisaient des décompositions mécaniques et chimiques, entraînaient des matériaux et déposaient nécessairement des sédiments; ces dépôts devaient être fort différents de ceux formés à l'époque des êtres organisés, car nous savons que les réactions produites dans les laboratoires sous l'influence de l'eau surchauffée, donnent des produits cristallins. Dès lors ne peut-on pas croire que les granits, les protogines, les gneiss, etc.. dont les éléments ont tous été formés sous l'influence de l'eau, sont des dépôts aqueux produits durant les premiers temps où l'eau réagit sur le globe? S'ils ne sont pas des représentants de cette période, on ne sait où en trouver. Pendant ce temps, et surtout au commencement, les minéraux étaient fort cristallins, et cet état combattait la tendance à la stratification [1] qui est un des caractères des dépôts aqueux; c'est ainsi que se firent les dépôts granitoïdes. Mais à mesure que la température s'abaissait, la force de cristallisation diminuait, la stratification devenait plus nette et les schistes cristallins prirent naissance. Il se peut aussi que certains schistes cristallins se soient formés durant l'époque des granits et des protogines, et que leur structure soit due en partie à une action mécanique de l'eau, telle qu'un courant [2]. Enfin, la température des eaux continuant à s'abaisser, la cristallisation ne joua presque plus de rôle dans les sédiments, et la stratification persista; ce fut le commencement de ce qu'on nomme d'ordinaire les premières roches de sédiment, qui se sont formées aux

[1] M. Dorlhac admet que certains porphyres ont une origine sédimentaire. *Études sur les filons barytiques et plombifères des environs de Brioude*, p. 141.

[2] On voit dans les grès de tous les âges des assises compactes, déposées probablement dans des eaux tranquilles et des assises montrant une *structure torrentielle*, qui est schisteuse et due à des courants.

dépens des roches cristallines et alors les schistes argileux se déposèrent pour la première fois.

§ 696 *a*. Mais, demandera-t-on, quelles sont les roches dont la désagrégation a fourni les éléments des roches granitiques? La question est embarrassante, parce que, jusqu'à présent, on avait pensé que ces roches, quoique récentes par le moment de leur apparition à la surface du globe, étaient les plus anciennes par celui de leur formation : on les avait donc nommées *primitives*. On peut opposer à cette idée de priorité une observation qui a été quelque peu négligée, quoique Dolomieu l'ait signalée avec une grande insistance[1] et qu'elle ait été confirmée par Léopold de Buch[2]. Elle nous apprend que les **laves ont fait éruption** en Auvergne **au travers du granit**, ce qui indique que la lave provient d'une région de l'intérieur du globe située au-dessous de celle du granit. L'existence à la surface de la terre, de lave[3] ou d'une roche réellement ignée avant la période de la formation du granit, me paraît incontestable, et la période caractérisée par la condensation des eaux atmosphériques venant dans l'histoire du globe longtemps après que la fluidité totale de la terre avait cessé, il pouvait y avoir dans la croûte volcanique solide qui recouvrait le globe, de grandes inégalités, des montagnes, des vallées, etc.

En résumé, les produits de la décomposition des laves, entraînés dans les eaux, ont cristallisé sous l'influence d'une pression et d'une température que nous ne connaissons pas, mais qui n'étaient pas très-élevées, et ont formé les granits, les protogines, les gneiss, etc. Ces dépôts, qui

[1] *Journ. des Mines*, an VI, VII, 396.
[2] *Annales scientifiques d'Auvergne*, 1841, XIV, 117.
[3] Ce mot étant pris dans un sens général.

ont une très-grande épaisseur, sont restés probablement fort longtemps dans un état plus ou moins pâteux avant de se solidifier complétement.

On ne peut invoquer, pour la réfutation de cette théorie, la différence de composition qu'on a cru remarquer entre les laves et les granits; la composition de ces roches n'est pas assez fixe et la différence qui les sépare n'est pas assez grande pour donner lieu à une objection sérieuse. En effet, on trouve des laves, des pierres ponces, des obsidiennes, etc., qui ont la même composition que les roches granitiques. Il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner les analyses de ces deux séries de roches, entre autres celles de M. Delesse. On peut aussi mettre d'un côté la composition moyenne des granits donnée par M. Durocher[1], les analyses de cette roche fournies par M. Haughton[2], celles de la protogine et du granit indiquées ci-dessus (§ 495, 694); et de l'autre, la composition de la lave du Monte Nuovo (Abich)[3], celle de la pierre ponce (Berthier)[4] et celle des obsidiennes que MM. Scheerer[5], Rammelsberg, etc., nous ont fait connaître. On verra alors que les granits et les protogines ont une constitution élémentaire très-semblable à celle de la lave; et de la comparaison de ces compositions on sera conduit à conclure que la première de ces deux séries de roches peut provenir de la seconde.

Souvent, cependant, on observe entre elles une petite différence, qui consiste en ce que les granits renferment moins de chaux que les laves. Ceci peut s'expliquer par l'action de l'acide carbonique. En effet, pendant que l'eau

[1] *Comptes rendus de l'Académie*, 1845, XX, 1275.
[2] *Quart. Journ. geol. Soc.*, 1846, XII, 182.
[3] *Rammelsberg*, 1849, p. 130.
[4] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1847, IV, 483.
[5] *Id.*, 482.

des mers réagissait sur les laves, sous l'influence de la température et de la pression dont nous avons parlé, cet acide faisait entrer en dissolution une partie de la chaux de la lave; il l'a maintenue dans cet état pendant que les granits se déposaient, et ce n'est que lorsque la température et la pression ont diminué que les roches calcaires sont devenues plus abondantes. Ce fait est d'accord avec l'observation, car nous savons que les dépôts calcaires ont eu lieu surtout après la formation des gneiss, quoique ces roches en renferment quelquefois à l'état cristallin.

Je pourrais facilement accumuler ici beaucoup de matériaux sur la question de la composition des laves et des granits, car on possède maintenant un fort grand nombre d'analyses de ces roches; mais je serais entraîné trop loin. Je rappellerai simplement que M. Kjérulf, de Christiania, a remarqué l'égalité de composition des roches suivantes: feldspath porphyre de Jarlsberg et obsidienne de Piedras blancas à Ténériffe (Deville); syénite rouge de Veltakolten et lave du Monte Nuovo (Abich); augit porphyr de Hage et lave de Thjorsa, près de l'Hécla (Bunsen), etc., etc[1].

Enfin M. Daubrée[2] a fait remarquer que certains schistes argileux des terrains de transition ont la même composition que des granits ou des gneiss. Si quelques savants, tels que M. Kœchlin Schlumberger[3] ont expliqué ce fait en disant que le granit est un schiste argileux métamorphosé, on peut aussi bien en donner une interprétation opposée, et soutenir que certains schistes argileux proviennent du granit, et qu'ils doivent leur origine à la désagrégation de celui-ci.

[1] *Bullet. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 356.
[2] *Études sur le Métamorphisme*, p. 62.
[3] *Terrain de transition des Vosges*, Strasbourg 1862, p. 282.

Il est donc très-probable que toutes les roches cristallines ont été formées sous l'influence de l'eau aux dépens de la lave, qui a été la première et qui est encore la seule roche ignée. C'est elle qui composait le sphéroïde terrestre lorsque celui-ci était en entier à l'état de fusion ignée; c'est elle, enfin, qu'on aurait dû toujours désigner par l'épithète de *primitive*.

§ 696 *b*. L'un des traits importants du gisement des masses granitiques consiste en ce qu'elles **forment souvent des filons.** Elles partagent ce caractère avec les porphyres, avec les trapps, avec les basaltes et même avec les laves; ces roches constituent des dykes et quelquefois des massifs considérables, qui se sont intercalés dans les couches des roches sédimentaires en redressant plus ou moins celles qui les avoisinent; toutefois, on est souvent tombé dans l'erreur en croyant qu'une masse granitique située au centre de couches redressées avait fait éruption à l'état pâteux; comme je l'ai dit (§ 598, 599), je suis persuadé que les grandes masses de granit et de protogine des Alpes ont été soulevées, comme les autres roches, à l'état solide. On ne peut, il est vrai, admettre que les filons aient été formés par une matière rigide; mais si les laves sont incontestablement arrivées à l'état de fluidité ignée dans les fentes qu'elles ont remplies, c'est un phénomène qui diffère de celui des filons granitiques, lesquels doivent leur origine à une matière plus ou moins pâteuse et point du tout ignée.

C'est l'avis de M. Gruner[1] qui, à propos d'une roche trappéenne semblable au mélaphyre d'Oberstein, dit : « Elle « a dû couler, à la façon d'une pâte fluide, ... mais

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1865, XXIII, 110.

« cette pâte n'a pu être ignée à la façon des laves, puisque « son action sur la houille et sur les argiles charbonneuses, « situées au mur de la nappe, a été nulle. Mais si la roche « a été fluide, sans être ignée, il faut alors attribuer l'état « fluide à la présence de l'eau. Il en résulterait que l'eau « et l'acide carbonique doivent être considérés comme des « éléments *primordiaux* des trapps. » M. Gruner fait jouer un rôle considérable à l'eau surchauffée. M. Delesse a également soutenu que des filons pouvaient se remplir autrement que par une matière en fusion ignée [1]. Il est à peine nécessaire que l'état pâteux existe; en effet, M. Tresca a réussi à faire couler à la température ordinaire les métaux les plus durs sous de **fortes pressions** [2]; par conséquent, le grand magma des roches granitiques, formé par l'action de l'eau surchauffée dont nous avons parlé, a pu, sous l'influence de la pression qui existe à l'intérieur du globe, laisser déverser longtemps après sa formation première et à diverses époques, quelques petites parties de sa surface dans les fentes des roches voisines, et il en est résulté des filons remplis par une matière qui n'a jamais été ignée. M. Tresca a obtenu les résultats que nous avons signalés au moyen d'une pression qui, pour des blocs cylindriques de $0^m,10$ de diamètre, hauts de $0^m,0062$ à $0^m,063$ et formés de 2 à 20 rondelles de plomb superposées, a varié de 54 000 à 90 000 kilog.; ce qui fait 687 à 1146 kilog. par centimètre carré, ou 680 à 1140 atmosphères en chiffres ronds. L'étain exige, à conditions

[1] *Études sur le Métamorphisme*, ouvrage couronné par l'Académie des Sciences, Paris 1861, in-4°.

[2] *Comptes rendus de l'Acad.*, 1864, LIX, 754, et 1867, LXIV. 89. — *Ann. des Mines*, 1865, VIII, 307; *Ann. du Conservatoire des Arts et Métiers*, 1865.

égales une pression qui a été évaluée au double de celle qui est nécessaire à l'écoulement du plomb, et la pression, plus forte, qui fait couler le fer n'a pu être évaluée exactement. Toutefois ces pressions sont faibles, comparées à celles qui existent dans l'intérieur du globe; en effet, M. le professeur Cellérier a calculé que la pression au centre de la terre s'élève, au minimum, à deux millions d'atmosphères[1].

Telle est l'esquisse d'une théorie dont j'ai dit quelques mots ailleurs[2], et qui devra recevoir de nouveaux développements. Elle est entièrement en rapport avec ce que nous savons du refroidissement du globe. Elle simplifie notablement l'histoire de notre terre en n'admettant qu'une seule espèce de roche primitive, la lave, et en modifiant l'origine attribuée aux roches plutoniques, qu'elle classe dans les terrains de sédiment.

Cette manière de voir est en opposition avec l'hypothèse de la fusion ignée des roches dites plutoniques, hypothèse soutenue par un grand nombre de géologues, mais qui ne peut être admise, puisque ces roches, qui ne présentent aucune trace de coulées, de vitrification ou de scories, diffèrent par leurs caractères des roches volcaniques qui sont réellement ignées. Elles doivent donc être enlevées à l'empire de Pluton et réunies à celui de Neptune.

L'ébauche de la théorie que je viens de présenter ne peut pour le moment acquérir, je crois, plus de précision, parce qu'il lui manque comme base des observations faites dans des laboratoires. Elle recevrait une grande confirmation si on arrivait à transformer la lave en roche

[1] *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat.*, 1867, XIX, 265 et 27-.
[2] *Archives*, 1865, XXIV, 230.

granitique, sous l'influence de l'eau; peut-être parviendra-t-on à produire cette modification en faisant réagir ce liquide sur une roche réellement volcanique, à une température supérieure à la température ordinaire et dans un tube fermé.

CHAPITRE XXIX

DES SCHISTES CRISTALLINS ET DE LA SERPENTINE

I. Des schistes cristallins. Leur distribution. § 697. — Leur rapport avec ceux de l'Oural. Roches diverses. Présence du graphite, du calcaire, de l'Eozoon Canadense, 697 *a*. — Leur rapport avec les roches sidériennes des Alpes autrichiennes, 697 *b*. — Leur examen microscopique. Du métamorphisme. Gneiss avec empreinte de plante, 697 *c*. — Minéraux de la protogine et des schistes cristallins, 697 *d*.

II. De la serpentine. Sa distribution ; elle est souvent stratifiée. Dauphiné, val d'Aoste, Valais, 698. — Ophite des Pyrénées. Serpentine du Limousin, des Vosges, du Piémont, de la Corse, 698 *a*. — Son origine. Eozoon Canadense, 698 *b*.

I. DES SCHISTES CRISTALLINS.

§ 697. Les schistes cristallins présentent des variétés fort nombreuses, et plusieurs d'entre elles ne sont que des roches granitiques à structure schisteuse. Les plus communes dans le massif du Mont-Blanc sont les schistes talqueux (§ 603), tandis que les vrais gneiss sont plus fréquents dans la chaîne des Aiguilles Rouges (§ 457) et dans le voisinage des filons de granit porphyroïde de Valorsine; du reste, il est toujours difficile de distinguer les roches talqueuses des roches micacées. Dans le voisinage du Grand St-Bernard, les schistes cristallins sont chloriteux (§ 681); aux environs de Beaufort, ils sont fréquemment micacés; mais entre Flumet et les bords de l'Isère (§ 613, 616) et aux environs de Mégève (§ 612), leur nature particulière devrait peut-être les rapprocher des schistes de Casanna, étudiés dans les Grisons par M. Théobald [1].

[1] *Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz*, 1864.

Les schistes talqueux et chloriteux des Alpes ont le plus grand rapport avec les échantillons recueillis dans **l'Oural** par M. Leplay. M. Damour[1], en décrivant la pérowskite de Zermatt, avait déjà fait remarquer qu'il existe au moins quinze espèces minérales ayant exactement la même apparence dans les Alpes et dans l'Oural; l'or, qui est fort répandu dans les deux chaines, et le platine dont M. Gueymard[2] a reconnu la présence dans le Dauphiné, viennent établir un lien de plus entre elles.

Quelques-uns de ces schistes, tels que ceux de la base du Montanvert, peuvent être appelés des porphyres schisteux; d'autres, chargés de feldspath, sont voisins des pétrosilex; d'autres encore, qu'on peut nommer eurites, sont très-feldspathiques, blancs, plus ou moins grenus; mais je ne sais si la tourmalite est schisteuse ou massive (§ 546).

La protogine et les schistes cristallins sont fréquemment traversés par des filons de **quartz** plus ou moins volumineux; cependant on ne rencontre pas dans ces terrains de couches ou d'amas de quartzites semblables à ceux de la formation triasique. Enfin, l'éclogite avec ses grenats se trouve aux Aiguilles Rouges et au glacier du Trient.

§ 697 *a*. Le **graphite** n'est pas très-rare dans les schistes cristallins : nous en avons signalé au nant du Greppon (§ 533), aux Aiguilles Rouges (§ 458) et dans les calcaires saccaroïdes de l'Arpille (§ 484) et de la Tête-Noire (§ 529)[3].

Le **calcaire** est quelquefois disséminé dans les schistes cristallins de telle manière qu'on ne peut en reconnaître la

[1] *Ann. des Mines*, 1854, VI, 512; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 332.

[2] *Ann. des Mines*, 1849, XVI, 495; 1854, V, 165. — *Bull. Soc. géol. de Fr.* 1855, XII, 429.— *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1854, XXVIII, 941; 1855, XL, 1274, et 1861, LIII, 98.

[3] On vient de signaler la présence du bitume dans les schistes cristallins de la Suède. *Archives*, 1867, XXIX, 159.

présence que par l'action des acides; il en est ainsi dans les prétendues ardoises de la base de l'Aiguille Verte, qui sont des schistes cristallins (§ 511). On l'observe aussi dans ces mêmes roches à l'état saccaroïde et en amas plus ou moins considérables : à la Pierre à l'Échelle (§ 536), au glacier des Bossons (§ 546), aux Aiguilles Rouges (§ 458, 467), au glacier de Miage (§ 568), à la Tête-Noire (§ 529), à l'Arpille (§ 484), etc.[1]

A la suite des expériences de J. Hall, confirmées par celles de G. Rose[2], on était disposé à croire que les calcaires saccaroïdes avaient supporté une fusion à une haute température; mais cette manière de voir, qui n'avait été adoptée que par un petit nombre de géologues, a cessé d'avoir des partisans, par la raison qu'on a trouvé des débris d'êtres organisés dans quelques-uns de ces calcaires. En effet, on a découvert dans des roches calcaires associées à des serpentines du terrain Laurentien du Canada, le foraminifère auquel on a donné le nom d'*Eozoon Canadense*. Ces roches sont probablement plus anciennes que celles des Alpes; cependant elles présentent le même aspect et les mêmes caractères, et la découverte de ces foraminifères dans les calcaires serpentineux de Krummau en Bohème et du Bœhmerwaldgebirge[3] pourrait être une raison pour rapprocher ces dépôts les uns des autres.

J'ai également trouvé ces foraminifères dans les calcaires serpentineux enclavés dans le gneiss du ravin du Mattenbach, sur les flancs de la Jungfrau, près de Lauterbrunnen (canton de Berne)[4]. Il est assez probable qu'une étude at-

[1] Des calcaires semblables se trouvent en Dauphiné. Lory, *Descrip. géologique*, p. 67.

[2] *Ann. de Poggendorff*, 1863, CXVIII, 565, et *Archives*, 1864, XX, 5[illegible]

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 301.

[4] Voyez le Rapport que j'ai fait en 1867 comme Président de la Soci[illegible]

tentive ferait reconnaître ces animaux microscopiques dans les calcaires associés à la serpentine ou au talc de la chaîne du Mont-Blanc. Le graphite étant un produit organique et le calcaire ayant presque toujours une origine animale, la présence de ces deux substances dans les schistes cristallins doit, il me semble, faire rapporter la formation de ces derniers à une époque moins ancienne que celle qui leur avait été assignée : ils ont probablement été formés au commencement de l'époque où les êtres organisés ont paru sur la terre.

§ 697 *b*. On trouve les plus grandes ressemblances entre certaines **roches siluriennes** de la Grande-Bretagne et quelques-unes des roches anciennes des Alpes ; ainsi les schistes siliceux durs à *Oldhamia radiata* du comté de Wicklow, les roches à *chondrites* du Lingula flags, les couches à *Diplograpsus pristii* de l'étage de Llandeilo, quelques *chloritics slates* et certains schistes à staurotide du pays de Galles, sont à peu près identiques à quelques roches des Alpes occidentales. Brochant de Villiers considérait les schistes cristallins de cette dernière région comme un terrain particulier [1], et M. Murchison est sur le point de les nommer paléozoïques [2]. Malgré toutes ces données, rien jusqu'à présent ne confirme d'une manière positive l'assertion de M. Gueymard, savoir : que les terrains siluriens et cambriens sont représentés dans les Alpes occidentales par les schistes talqueux [3].

Il n'en est pas de même dans les Alpes autrichiennes ;

de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, Mém. de cette Société, 1867, XIX, 242.

[1] *Ann. des Mines*, 1819, IV, 300.

[2] *Quart. Journ.*, 1848, V, 162.

[3] Statistique minérale du département de l'Isère, 1844 ; *Bull Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 616.

on sait qu'on a découvert à Dienten en Tyrol, des *Cardiola interrupta*, des *Orthoceras gregarium* et des *Cardium gracile* du terrain silurien. En visitant le gisement de ces fossiles avec M. le professeur Studer, nous avons vu qu'ils se trouvent dans une couche mince très-graphiteuse, située dans un banc de 5 à 10 mètres d'épaisseur[1] d'un fer carbonaté semblable à celui du département de l'Isère. Ce fer est intercalé dans une masse fort considérable de schistes chloriteux gris et verts, identiques à ceux du Valais. Il y a donc, entre les roches des Alpes orientales et celles des Alpes occidentales, des analogies dont on ne saurait méconnaître l'importance, lors même qu'elles ne me semblent pas suffisantes pour démontrer la présence du terrain silurien dans ces dernières.

§ 697 *c*. M. Sorby, à l'aide du microscope, a reconnu deux variétés de micaschistes, qui diffèrent entre elles par l'arrangement des éléments qui constituent la roche: l'une de ces variétés est analogue à une roche stratifiée sans clivage; l'autre présente un clivage schisteux[2]. Ces observations s'accordent avec la théorie que j'ai exposée sur l'origine des schistes cristallins, d'après laquelle ces roches tiennent le milieu entre le granit et le schiste argileux.

Je ne reviendrai pas sur ce sujet, mais je tiens à faire remarquer combien on a exagéré le rôle joué dans les Alpes de la Savoie, par cette force mystérieuse qu'on nomme métamorphisme et à laquelle on a souvent attribué

[1] Murchison, *Quart. Journ.*, 1848, V, 162. — Morlot, *Alpes autrichiennes*, p. 130, et carte. — De Hauer, Notice sur les fossiles de Dienten *Berichte*, etc. de Vienne, I, 187.

[2] *Institut*, 1857, p. 16. *Geologic. Soc. of London*, 1863, XIX, 401; *Ann. des Mines*, 1865, VIII, 376.

la formation des schistes cristallins [1]. Il est probable que cette croyance au métamorphisme a été la conséquence de la publication de la carte géologique de France, sur laquelle un grand espace est désigné sous le nom de *terrain jurassique modifié.* Mais depuis que ce terrain a été rapporté soit à la formation carbonifère soit à la formation triasique, on a compris qu'il n'était pas une modification du terrain jurassique. Enfin, la confusion qui a souvent été faite entre les grès houillers et les roches dites primitives, a encore compliqué la question du métamorphisme. J'ai toujours été surpris de trouver dans les Alpes si peu de traces de cette prétendue action, et je rappellerai que les calcaires de la Mayaz (§ 580), situés à une trentaine de mètres de la protogine, sont très-peu altérés, car ils renferment des fossiles fort bien conservés. Un exemple singulier de métamorphisme, cité dans ces dernières années, est celui d'une prétendue trace de plante (*Equisetum Sismondæ*), trouvée dans un gneiss erratique de la Valteline [2]. On a pensé que ce végétal avait laissé son empreinte dans une roche de sédiment qui, par métamorphisme, avait été changée en gneiss. Mais, comme je l'ai dit ailleurs, « il me paraît « impossible qu'une plante ait vécu et ait été enfermée « dans une roche de sédiment; puis que cette roche ait « été soumise à une action telle que ses éléments se soient « groupés sous forme de quartz, de feldspath et de mica « (plus ou moins cristallisés) pour former du gneiss, sans

[1] Sir R. I. Murchison croit que le métamorphisme est beaucoup plus développé dans les Alpes de la Savoie que dans les Alpes orientales, *Quart. Journ.*, 1848, V, 164. — Sir Ch. Lyell insiste fortement sur la puissance du métamorphisme dans les Alpes, *Manuel de géol. élem.*, II, 464.

[2] *Mém. de l'Acad. de Turin*, XXIII, 2me sér. — *Ann. des Mines*, 1865, VIII, 377. — *Archives*, 1865, XXIII, 329.

« que l'organisation si délicate de la plante ait subi la « moindre altération. »

On a voulu distinguer plusieurs espèces de métamorphisme, et l'on a eu raison : car sous ce nom on a rangé toutes les modifications produites dans les roches, soit par l'infiltration des eaux pluviales, soit par le contact des laves en fusion ignée et par l'influence de la température supposée très-élevée des prétendues roches plutoniques. C'est au moyen de ces idées qu'on est arrivé à soutenir le changement des roches de sédiment en roches cristallines ; mais la précision manque dans cette théorie. Le métamorphisme est une altération subie par une roche depuis qu'elle a été déposée, en sorte que ce n'est ni une force, ni une cause, mais un résultat ; il me serait aisé de montrer que, dans plus d'une occasion, on a pris l'effet pour la cause, et que l'on a changé, à tort, le métamorphisme en une force occulte, à laquelle on attribue tous les effets dont on ne sait se rendre compte : dans les produits des actions variées qui le composent, il y a plus de diversité et de confusion que dans la classe des schorls des anciens minéralogistes.

Le mot de métamorphisme indique le résultat d'une action que l'on ne connaît pas ; c'est presque un aveu d'ignorance. Il faut s'efforcer de le remplacer par des indications précises tirées de la chimie, désignant les altérations, du reste fort nombreuses, que les roches ont supporté depuis leur dépôt et faire disparaître du vocabulaire de la science ce mot si vague. Lorsque M. Henri Sainte-Claire-Deville a trouvé le moyen de transformer sous l'influence d'une petite quantité de fluor[1] des quantités indéfinies de silice et d'alumine, en un même minéral, il a opéré un métamor-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1858, XLVI, 764, et 1861, LII, 7--.

phisme; mais il n'a pas employé ce nom, parce qu'il voulait indiquer une action précise et qu'il ne lui convenait pas de se servir d'un mot vague[1].

§ 697 *d.* Arrêtons-nous ici dans cette dissertation peut-être trop longue, et voyons quelles sont les principales espèces minérales qui ont été recueillies dans le massif du Mont-Blanc et dans celui des Aiguilles Rouges. Je réunis dans la liste suivante les **minéraux de la protogine et ceux des schistes cristallins**, parce qu'il est difficile de les distinguer et que souvent, sans être liés ni à l'une ni à l'autre roche, ils se trouvent dans des filons quartzeux.

Minéraux du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges.

Espèces.	Localités.
Chaux carbonatée.	Mer de Glace, gl. d'Argentière, etc., Aiguille du Goûter.
Arragonite.	Bionnassay, P.[2]
Chaux fluatée rose.	Charmoz, gl. d'Argentière, du Taléfre et de Miage.
» bleue.	Gl. d'Argentière, P.
Baryte sulfatée.	Gria, Servoz, Buet, Mont-Chétif.
Strontiane sulfatée?	Mont Saleinoz? P.
Corindon bleu.	Charmoz.
» rose.	Gl. de Triolet?
Klaprothite.	Mont Saleinoz? P.
Quartz hyalin.	Mer de Glace, Courtes, Col du Géant, gl. de Miage, etc.
» enfumé.	Courtes, gl. d'Argentière.
» améthyste.	Gl. d'Argentière.
» blanc laiteux.	La Flégère.
Amphibole.	Aig. du Midi, gl. des Bossons, P.

[1] Le fluor se trouve dans l'eau de l'Océan, d'après M. Wilson, *Transaction of the Royal Soc. of Edinburgh*, 1846, XVI; *Associat. britan. Birmingham*, 1849; *Archives*, 1850, XIII, 70. Voyez aussi : Nicklès, *Comptes rendus de l'Acad.*, 1857, XLIV, 783; XLV, 331.

[2] M. V. Payot a publié un catalogue des minéraux de la vallée de Chamonix, et a bien voulu me donner quelques indications que j'ai marquées de la lettre P.

Espèces.	Localités.
Diallage.	Taléfre, P.
Hypersthène.	Gl. de Miage (Montjoie).
Asbeste.	Caillet, Mimmon, Tourette, Col du Géant, Grands-Mulets, P.
Byssolithe.	Miage, Aiguille du Goûter.
Epidote.	Gl. d'Argentière, du Taléfre, Aig. du Goûter, Brévent.
Grenat.	Aig. Rouges, gl. du Trient et de Miage.
Idocrase.	Caillet.
Feldspath crist.	Aiguille du Goûter.
Saussurite.	Bossons, P.
Pinite.	Jeurs (Tête Noire), Brévent, P.
Mésotype.	Gl. de Miage.
Laumonite.	Id.
Stilbite.	Gl. de Miage, Mer de Glace, gl. d'Argentière, P.
Brewstérite.	Bon-Homme.
Prehnite.	Mont. de la Côte, Mer de Glace, Tourette.
Chlorite.	Diverses localités.
Mica.	Jeurs, Miage, Rachasses, Pierre à l'Echelle, P.
Tourmaline.	Brévent, Aig. Rouges, la Gria, Bossons, gl. du Trient.
Plomb sulfuré.	Mines de Servoz.
Bournonite.	Id.
Fer oligiste.	Pormenaz, Mont. de Bérard. gl. de Miage. Charmoz, P.
» sulfuré.	Gl. d'Argentière, P.
Molybdène sulfuré.	Courtes, Col du Géant, Chapelle d'Orny, Miage, Aig. du Midi, P.
Cuivre gris.	Pormenaz.
» carbonaté.	Mines de Servoz.
» pyriteux.	Pormenaz, P.
Zinc sulfuré.	Mines de Servoz.
Sphène.	Pormenaz, gl. de Taléfre, du Miage, Brévent, P. Col du Géant, P.
Brookite.	Tête Noire.
Titane rutile.	Miage, Greppon, P.
Graphite.	Greppon, les Crottes.

II. DE LA SERPENTINE.

§ 698. Nous avons déjà signalé la présence de **la serpentine ou de la pierre ollaire** dans les schistes cristallins, au nant de Fouilly (§ 534), dans la partie inférieure et dans la partie supérieure du Montanvert (§ 499, 502), au Maupas (§ 507), au glacier du Trient (§ 515), aux Aiguilles Rouges (§ 465), etc. Dans la plupart de ces localités, les amas minces et allongés de cette roche ont la forme d'une amande ou peut-être d'une couche. Mais la serpentine se trouve aussi associée, en Savoie, à des terrains non cristallins. A la montagne de Loi (§ 305) elle présente un gisement difficile à déterminer, qui est probablement dans le terrain liasique ou dans le terrain triasique ; au Mont-Jovet (§ 656), cette roche forme une couche entre le terrain liasique et le terrain triasique ; dans la vallée de Bruglié (§ 672), elle alterne avec les roches triasiques. Enfin, l'euphotide de Villarodin, qui par sa nature est très-voisine de la serpentine, paraît être liée aux roches triasiques (§ 666).

M. Lory a donné la description de plusieurs gisements de serpentine et d'euphotide du **Dauphiné**, ces roches sont associées par des intercalations si régulières et si intimes avec les schistes lustrés, qu'elles paraissent être contemporaines des roches triasiques [1]. Ce même savant a fait remarquer à la Société Géologique de France combien les divisions stratiformes de la serpentine du mont Genèvre concordent avec les schistes calcaréo-talqueux [2] ; et M. Studer a cru pouvoir constater que ces deux roches étaient contemporaines [3].

[1] *Descript. géolog. du Dauphiné*, p. 574.
[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XVIII, 769, 780.
[3] *Id.* 765.

Dans un travail sur le gypse de **Cogne**, vallée d'Aoste, Daubuisson décrit une association intime du gypse et d'une matière stéatiteuse; il faisait erreur en disant que ces deux substances sont primitives, car elles sont triasiques, mais il insiste sur l'idée de leur contemporanéité [1].

M. Gerlach qui depuis plusieurs années, étudie la géologie du **Valais**, classe la serpentine parmi les roches stratifiées [2].

§ 698 *a*. Nous n'avons pas à nous occuper de **l'ophite des Pyrénées**, qui n'est point identique à la serpentine; mais je rappellerai cependant que, d'après M. de Verneuil[3], cette roche est liée au terrain triasique de l'Espagne, et que l'on a discuté pour savoir si ces roches amphiboliques représentent le muschelkalk[4] sur le versant français des Pyrénées.

Enfin, M. Élie de Beaumont regarde la date de l'apparition des serpentines du **Limousin** et de la partie méridionale des **Vosges** comme étant probablement comprise entre l'époque triasique et l'époque liasique, et il semble rapporter la formation de celles du Dauphiné et du Piémont à la période tertiaire [5]. Il nous paraît cependant que quelques-unes de ces dernières sont évidemment associées aux dépôts triasiques.

La serpentine située entre Corte et Monte Rotondo en **Corse**, d'après M. Collomb, est analogue par sa structure à une roche de sédiment divisée en bancs et en feuillets bien marqués [6]. Ces diverses observations nous prouvent

[1] *Journ. des Mines*, 1807, XXII, 161.

[2] *Archives*, 1864, XXI, 153.

[3] *Comptes rendus de l'Académie*, 1864, LIX, 420; *Institut*, 1865, 307.

[4] *Comptes rendus de l'Académie*, 1863, LVII, 332; 1865, LXI, 41, 1105. — *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 595, etc.

[5] *Syst. de montagnes*, p. 391, 399 et 558.

[6] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1853, XI, 65.

que la serpentine est fréquemment stratifiée, et que cette roche éminemment magnésienne est souvent associée à des roches magnésiennes et triasiques.

§ 698 *b*. Quant au mode de formation de la serpentine, on ne le connaît guère. « La serpentine, dit M. Delesse, « est restée une véritable énigme[1], » et l'on a fait sur ce sujet les suppositions les plus diverses. La plupart des géologues lui assignent une **origine ignée** et éruptive ; d'autres la croient métamorphique[2] ; M. G. Rose a même soutenu que la serpentine provenait du péridot[3]. Je remarquerai, à cette occasion, que les expériences indiquées par M. Daubrée dans son important travail sur les aérolithes[4] ont jeté un jour nouveau sur les rapports qui existent entre ces deux substances minérales. Enfin, MM. Logan et Sterry-Hunt ont soutenu que la serpentine du Canada a une **origine sédimentaire** et qu'elle est stratifiée dans ce pays, quoiqu'elle prenne quelquefois, comme le calcaire, la forme éruptive[5]. Le dernier de ces savants a insisté sur le fait que certaines sources minérales déposent des silicates de chaux, de magnésie et de fer, éléments qui entrent dans la composition de la serpentine[6]. Depuis lors, la justesse de cette opinion paraît avoir été confirmée par la découverte de l'*Eozoon Canadense*, qui est associé à la serpentine. Cependant, l'ancienne existence de ce foraminifère est encore

[1] *Recherches sur l'origine des roches*. Paris, 1865, p. 67.

[2] Delesse, *Ann. des Mines*, 1846, IX, 321 ; *Archives*, 1847, IV, 85.

[3] *Acad. de Berlin*, 23 janvier 1851 ; *Archives*, 1851, XVII, 331.

[4] *Comptes rendus de l'Acad.*, 1867, LXII, 200, 369, 660.

[5] *Géologie du Canada*. Paris, 1 vol. in-8°, p. 452 ; *Archives*, 1857, XXXV, 293 ; *The London, Edinburgh and Dublin Phil. Magaz.*, 1857, XIV, 388. — *Archives*, 1858, I, 282, et *Geologic. survey of Canada*, 1863, 1 vol. in-8°, p. 644. Commission géologique du Canada. Rapport de progrès 1863. Montréal 1864, édit. française, p. 682.

[6] *Silliman's American journal*, 1861, XXXII, 286.

quelque peu douteuse, et comme, d'un autre côté, on a souvent constaté la stratification des roches d'origine ignée, la question de la formation de la serpentine est aussi difficile à résoudre qu'elle a été souvent controversée. Cependant on ne peut nier que la théorie aqueuse n'ait fait sur ce point, comme sur tant d'autres, de grands progrès depuis peu d'années.

CHAPITRE XXX

DU TERRAIN CARBONIFÈRE

Société géologique de France en Maurienne, la Société helvétique à Lausanne, M. Heer, 734. — MM. Gras, Lory, Baudinot, Studer, 735. — Lory, Hébert, Sc. Gras, 736. — Sismonda, carte géologique du Piémont, Savoie, etc. Favre, carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, M. Fournet, 737. — MM. Bur..., Lory, Heer, 738. — Conclusions, 739. — Tableau des diverses coupes prises à Petit-Cœur, 740.

I. DU TERRAIN CARBONIFÈRE.

§ 699. La présence du terrain houiller, si longtemps méconnue dans les Alpes occidentales, y est maintenant constatée dans un grand nombre de localités. Les principales sont : Taninge (§ 301), la montagne du Fer près de Servoz (§ 456), les environs de Moëde (§ 460), Vernayaz en Valais (§ 483), Erbignon sur la rive droite du Rhône (§ 485), les environs d'Héri (§ 615), Colombat en Empulaut dans la vallée de Hauteluce (§ 622), Arèche, non loin de Beaufort (§ 643), Petit-Cœur (§ 633), les environs de Bozel (§ 655), ceux de St-Martin de Belleville (§ 658), la Maurienne entre St-Michel et le tunnel des Alpes (§ 665), les environs d'Aime et Pesey en Tarentaise (§ 648, 653), ceux du Petit St-Bernard (§ 668), la vallée des Bosses (§ 680), la Combe de Là (§ 687 à 690) et le col d'Établon (§ 589 b.). Dans le massif du Mont-Blanc ce terrain manque, excepté peut-être près de Champel (§ 554), où les roches de la chaîne des Aiguilles Rouges sont en contact avec la chaîne centrale. Il est très-développé dans les Alpes du Dauphiné, au S.-O de la région où sont situées toutes ces localités, tandis qu'il manque presque complétement dans les Alpes de la Suisse à l'E. de Sion en Valais.

Nous avons estimé la puissance de la formation carbonifère entre Aime et Pesey, à cinq mille mètres environ (§ 648).

Les **roches principales** de ce terrain sont :

1° **Des schistes argileux** plus ou moins micacés, qui renferment fréquemment des végétaux fossiles; l'analyse d'un échantillon de cette roche provenant de Petit-Cœur a montré que sa composition est la même que celle du mica.

2° **Des grès** plus ou moins fins, toujours micacés, parfois semblables à ceux du terrain houiller de différentes parties de la France, mais présentant aussi une apparence telle, que de savants minéralogistes les ont classés dans les roches cristallines (§ 704, 706).

3° **Le poudingue** auquel nous avons souvent donné le nom de poudingue de Valorsine, qui paraît être situé au-dessous des schistes et des grès. J'ai décrit cette roche au chapitre des Posettes (§ 521), et j'ai rappelé à cette occasion une célèbre observation de de Saussure. Ce poudingue se trouve aussi à Vernayaz, à Erbignon, à Colombat en Empulant, à Bange (§ 615), aux Mollières (§ 616), etc. Il me paraît de même nature que celui qui, d'après M. Émilien Dumas, constitue la partie inférieure du terrain houiller d'Alais[1]. Cette roche a été souvent comparée au Verrucano de la Toscane, où l'on a trouvé, près de Jano, des fossiles carbonifères[2].

J'ai déjà signalé dans le poudingue de Valorsine des cailloux de quartz renfermant des tourmalines; ils paraissent provenir des filons de même nature qui sont abondants dans les Aiguilles Rouges. Il est donc probable que ces filons existaient avant la formation du poudingue.

Le ciment de cette dernière roche est un schiste talqueux ou micacé; par conséquent, les eaux ont pu former

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1846, III, 579.

[2] *Quart. J. of Geol. Soc. of London*, 1851, VII, 106. *Trans. — Archives*, 1851, XVIII, 161.

des dépôts de cette nature, sous l'influence des circonstances dont nous avons parlé en traitant du granit et des schistes cristallins, mais à une température peu élevée.

4° On rencontre dans quelques endroits, tels que les Montées (§ 492), Arèche (§ 643), Petit-Cœur (§ 633), etc., un **schiste vert**[1], tenace, ayant quelque rapport avec un schiste cristallin ou avec un pétrosilex, tout en étant moins dur que cette dernière roche. Il m'a semblé qu'il occupait souvent la base du terrain houiller. Dans le but de jeter quelque jour sur l'origine de ce schiste, je rappellerai la composition de certaines alluvions du Rhin ; car, malgré la différence d'âge de ces deux dépôts, il semble qu'il y a quelque analogie entre eux : M. Bischof a observé que ce grand fleuve donne naissance à une roche argileuse riche en silice. Le fer qui en fait partie se change en fer oxydulé, sous l'influence des matières organiques contenues dans l'eau, et plus l'oxyde est abondant, plus la teinte verte du dépôt est foncée[2].

5° **L'anthracite** est une roche peu répandue dans le terrain houiller relativement aux précédentes ; mais elle est plus utile et plus recherchée, sans être néanmoins d'une très-grande importance comme combustible[3]. Les analyses suivantes donneront une idée de sa composition :

[1] Cette roche se trouve dans les Grandes-Rousses, d'après M. Dausse. *Mém. S. g. de Fr.* 1835, II, et j'ai lieu de croire qu'elle accompagne certains gîtes d'anthracite des Vosges.

[2] *Neues Jahrb.* 1852, 385 ; *Archives*, 1853, XXIII, 299.

[3] M. de Mortillet a donné quelques détails sur l'anthracite envisagée comme combustible. *Assoc. florimontane*, 3 novembre 1854.

	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène et Azote.	Cendres.
1.	89,77	1,67	3,99	4,57
2.	71,49	0,92	1,12	26,47
3.	66,90	4,0		29,10
4.	57,90	8,5		33,60
5.	43,90	12,1		44,00
6.	46,70	5,2		48,10
7.	81,80	8,1		6,10

1. Anthracite de Lamure (Isère), P. sp. 1,362, M. Regnault, Ann. des mines, 1837, XII, 211.
2. Anthracite de Macot (Haute-Savoie), P. sp. 1,919, M. Regnault, id.
3 Anthracite du Trient, M. Morin, Classe d'industrie de Genève, 1850.
4. Anthracite de Saxon, id.
5. Anthracite d'Entremont, id.
6. Anthracite de Salvan, id.
7. Anthracite d'Outre-Rhône, id., avec 1,3 de soufre et quelque peu de fer.

§ 700. On doit regretter, au point de vue de l'industrie, que le terrain carbonifère des Alpes ne renferme que de l'anthracite et pas de houille, parce que l'utilité du dernier de ces combustibles est infiniment plus grande que celle du premier; s'il en avait été autrement, le genre de vie des habitants serait fort différent de ce qu'il est aujourd'hui. Mais au point de vue scientifique, on pourrait poser un singulier problème, dont la solution nous expliquerait pourquoi les Alpes ne contiennent pas le même combustible que celui qui est si répandu dans les terrains houillers situés en dehors de cette région. Il est cependant certain que ces deux espèces de combustibles sont les restes d'antiques forêts et de plantes, vivant peut-être de la même manière que celles des tourbières, qui ont péri et qui ont été transformées en *charbon de pierre* par des réactions dont l'expérience suivante peut donner l'idée. M. Baroulier, en exposant de la sciure de diverses espèces de bois à des tem-

pératures de 200 à 300° dans des appareils où elle était entourée d'argile fortement comprimée, a obtenu des produits dont l'aspect et les propriétés rappellent certaines variétés de houille [1]. Des expériences du même genre ont été faites dans des circonstances un peu différentes par MM. Sorby [2], Cagniard-Latour, etc. [3]; elles ont eu des résultats anologues.

Il est probable que, si l'on modifiait cette méthode qui fournit un produit voisin de la houille, on obtiendrait de l'anthracite.

La nature du combustible ne peut tenir à la proximité des masses granitiques qui n'ont point eu d'action sur les roches qui les touchent. On ne peut donc admettre que ce voisinage ait changé en anthracite les charbons des Alpes, après qu'ils auraient été à l'état de houille; car les houilles de plus d'une localité carbonifère du centre de la France ou d'ailleurs, sont tout aussi voisines du granit que les combustibles des Alpes. Peut-être la composition du dépôt dans lequel la matière végétale s'est accumulée, les actions mécaniques dues aux grandes dislocations du sol ou la nature même des plantes, comme l'a fait remarquer M. Gœppert (§ 302), peuvent avoir eu de l'influence sur la qualité du charbon.

§ 701. Dans les chapitres précédents, j'ai fréquemment signalé la singulière position du terrain triasique qui, dans des localités peu éloignées les unes des autres, repose tantôt sur le terrain houiller, tantôt sur les schistes cris-

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* 1858, XLVI, 376.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1851, XXXII, 296, et *Annales des Mines*, 1853, III, 673.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XVII, 570. Voyez aussi les recherches de M. Violette sur les charbons de bois, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1854, XXXVIII, 107.

tallins, c'est-à-dire que le terrain houiller est bien développé sur des points près desquels il manque complétement. J'avais cherché à expliquer ce singulier gisement par l'idée que nous ne pouvions pas toujours distinguer les roches du terrain houiller de celles de la formation des schistes cristallins, et que souvent nous prenions les premières pour les secondes[1]. M. Lory ne partage pas cette manière de voir, et croit que ces irrégularités de superposition proviennent de ce qu'à l'époque du terrain houiller le sol était déjà fortement accidenté, et que les dépôts se faisaient dans des bassins restreints qui, plus tard, ont été recouverts par le terrain triasique[2]. Quoique cette ingénieuse théorie soit admissible pour divers gisements, je ne puis m'empêcher de croire que la confusion qui a été faite si longtemps, entre les roches houillères et les roches cristallines, se renouvelle encore souvent.

Je ne m'arrêterai pas davantage à résumer les caractères du terrain carbonifère des Alpes que j'ai déjà décrit dans maintes localités, et après avoir donné la liste des fossiles qui le caractérisent, je tracerai un historique de la singulière discussion à laquelle la recherche de ce terrain dans les Alpes a donné lieu.

§ 702. Les animaux fossiles sont fort rares dans le terrain houiller de nos Alpes et, jusqu'à présent, on n'y a recueilli que l'aile d'une *Blattina* (§ 485). Mais les végétaux y sont nombreux, et quoique j'en aie déjà signalé à plusieurs reprises, je donnerai dans le tableau suivant les noms de tous ceux qui me sont connus.

[1] Mém. sur les terrains liasique et keupérien, 1859, 78.
[2] *Descript. du Dauphiné*, 1860, 591.

Dans ce tableau, les lettres placées après les noms d'espèces sont des abréviations des noms de localités, dont on trouvera l'explication dans la note. — Les abréviations en italique signifient : *H.* = Heer, *Archives de la Biblioth. univ.*, 1863, XVI, 177 et *Quart. Journ. of Geolog. Soc.*, 1851, *Miscell.*, VII, 97.—*Br.*= Brongniart, *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XIV, 127.—*S.* = Sismonda, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1857, XLV, 942. —*M.* = Morlot, *Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat.*, 1854, IV, 1 et 3. — *Bu.* = Bunbury, *Quart. Journ. of Geolog. Soc.*, 1848, V, 130. — *Gr.* = Gras, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 273 et *Ann. des Mines*, 1854, V, 591.

Flore du terrain carbonifère des Alpes occidentales (Suisse, Sav... Dauphiné).

CRYPTOGAMES

I. Filices.

Sphenopteris tridactylites Br.	B. Pe.[1] — *H.*
» Haidingeri Ett.	C. — *H.*
» irregularis Stb.	O. — *H.*
» Schlotheimii Br. ?	V. — *H.*
» acutiloba Stb.	T. — *H.*
» latifolia.	M. P. — *Gr.*
Neuropteris flexuosa Stb.	E. V. Po. Mont. Pe. F. Ec. Ma.—*H. B*
» var. tenuifolia Br.	E. B. Po. Mont. Pe. — *H. Br*

[1] Abréviations : B = Col de Balme ou Posettes, § 521 ; Ba = Mont... Baoule (localité inconnue) ; Bu = Buffer* ; C = Colombe, § 622 ; Ch. = Chardonnet* ; Com. = Combarine* ; D = Devens près Bex (errat...) E = Erbignon, § 485 ; Ec = Col de l'Ecuelle près Moëde, § 460 ; En = Col des Encombres, § 661 ; Et = Etablon, § 589 *bis* ; F = Crète de F... ou Fully, § 485 ; Gr = Grand Menay* ; Gran = Grande-Draye* ; H = Huez* ; M = Monestier* ; Ma = Macot, § 653 ; Moë = Moede, § 4... Mon = Mont de Lans* ; Mont = Montagne du Fer, § 456 ; Mu = ... Mure* ; N-D = Notre-Dame de Vaux* ; O = Outre-Rhône près Dia... § 485 ; P = Puy-St-Pierre* ; Pe = Petit-Cœur, § 633 ; Pey = P... chagnard* ; Po = Posettes, § 521 ; Pu = Puy Ricard* ; S = Sen... § 455 ; Sal = Salins, § 638 ; T = Taninge, § 302 ; V = Vernayaz, § 4... Val = Valorsine près des Posettes, § 521 ; Valb = Valbonnais* ; Ven = Venosc* ; Vil = Villaret*.

Les * indiquent les localités du Dauphiné.

Neuropteris Leberti Hr.	E. Mont. — *H.*
» gigantea Br. (Stbg?)	E. Po. S. M. Sal. Mont. — *H. Br. Gr.*
» heterophylla Br.	E. Mont. T. — *H.*
» Loshii Br.	E. V. Po. Pe. — *H.*
» microphylla Br.	E. O. Mont. T. — *H.*
» Brongniarti Stb.	Mont. Ec. — *H.*
» rotundifolia Br.	E. B. Ma. — *H. Br.*
» Soretii Br.	E. Pe. Ma. — *H. Br.*
» cordata Br.	H. — *Gr.*
» acutifolia Br.	E. — *H.*
Cyclopteris auriculata Stb.	T. Pe. — *H.*
» reniformis Br.	E. Pe. — *H.*
» lacerata H.	E. Mont. — *H.*
Odontopteris alpina Stbg. sp. = Neuropteris alpina St.	E. B. T. Pe. — *H.*
Odontopteris Brardii Br.	O. B. Pe. — *H. Br. Bu. Gr.*
» var. obtusa Br.	B ? Ec. Moë. — *H. Br. Bu.*
» minor Br.	B. — *H.*
» Schlotheimii Br.?	Pe. — *H.*
» Studeri H.	Pe. — *H.*
Dictyopteris neuropteroides Gutb.	Pe. — *H.*
Pecopteris Beaumontii Br.	E. Val. Pe. — *H. Br.*
» muricata Br.	T. — *H.*
» pteroides Br.	B.?C Pe.? Enc. Pey. — *H. S. Br. Bu.*
» cyathea Schl. sp.	O. B. Pe. Gr. Vil. — *H. Gr.*
» arborescens Schl. sp.	O.B.Po.Val.Pe.Valb.Enc.Ba. — *H. Br. S. Gr.*
» var. platyrachis Br.	B. Pe. Valb. — *H. Br.*
» Lamuriana H.	Mur. — *H.*
» pulchra H.	Pe. — *H.*
» polymorpha Br.	E. O. B. Mont. C. Pe. Mu. Ven. — *H. Br. Gr.*
Pecopteris Candolleana Br.	Gran. Ba. — *H. Gr.*
» dentata Br.	T. — *H.*
» plumosa Br.	T. Pe. ? — *H.*
» æqualis Br.	Pe. — *H Br.*
» var. obtusa Br.	
» Grandini Br.	Gran. — *Gr.*

Pecopteris Pluckenetii Br.	B. Po. Mont. T. C. Pe. Ec. — *H. Br.*
» oreopteridius ? Schloth.	Enc. N.-D. — *S. Gr.*
» Villosa Brong.	Enc. — *S.*

II. Selagines.

Sigillarieæ.

Sigillaria Durnaisii Br.	V. D. — *H. M.*
» alternans Stb.	P. Bu. — *H. Gr.*
» tesselata Steinh.	Pe.? Ch. P. D. — *H. Gr.*
» Schlotheimiana Br.	P. — *Gr.*
» Brardii Br.	P. Com. Bu. — *H. Gr.*
» striata Br.	Com. — *Gr.*
» elongata Br.	Com. — *Gr.*
» lepidodendrifolia Br.	Com. — *Gr.*
» notata Br.	Com. Ch. — *H. Gr.*
» Defrancii [1] Br.	Po. Gran. — *M. Gr.*
» rhomboidea Br.	Mont. — *M.*
Lepidophyllum caricinum H.	O. C. Pe. — *H.*
(Sigillaria mamillaris Br.? feuilles!)	
» trigeminum H.	T. Pe. — *H.*
» lineare Br.	P. — *Gr.*
Sigillaria (feuilles!)	*H.*
Lepidophloios Sternb.	Com. — *Gr.*

Lepidodendreæ.

Lepidodendron Veltheimianum Br.	O. B. T. — *H.*
» turbinatum Br.	Com. — *Gr.*
» ornatissimum Br.	Ch. P. Pu. — *H. Gr.*
» crenatum Sternb.	Ch. Pu. — *Gr.*
» dichotomum Stb. ? =	
L. Sternbergii Br.	Pe. — *H.*
(Lepidophyllum lanceolatum Lindl.)	
Lycopodites falcifolius H.	Po. — *H.*

[1] L'échantillon des Posettes est peut-être un Lepidodendron et peut-être le L. Veltheimianum.

III. Calamariæ.

Equisetaceæ.

Calamites Suckowii Br. E.B.T.Pe.Mu.Pu.Ch.—*H.Br. Bu.Gr.*
C. undulatus Br.
C. cannæformis Br.
C. communis Ett.
C. approximatus Br.
» Cistii Br. E. Mont. T. C. Pe. Mu.Ch.Pu.— *H. Br.*
(Asterophyllites equisetiformis Schl.)
» Saussurii H. T. — *H.*
Volkmannia erosa? Br. Pe. — *Br.*
Asterophyllites rigidus Br. Gein. Pe. — *H.*
» tenuifolia Br. N.-D. — *Gr.*
» anthracinus, H. Pe. — *H.*
Annularia brevifolia Br. E. O. B. Mont. C. Pe. Ec. Moë. H. Mu. — *H. Br. Gr.*
(sphenophylloides Zenk).
» longifolia Br. E. Mont. T. C. Pe. Mon.—*H. Bu. Gr.*
Sphenophyllum Schlotheimii Br.
var. genuinum. E. O. — *H.*
saxifragæfolium. Pe. — *H.*
dentatum. O. C. — *H.*
emarginatum. C. — *H.*

PHANÉROGAMES

A. Gymnospermæ.

Nœggerathieæ.

Cordaites borassifolia Stb. E. O. Mont. T. C. Pe. — *H.*
(Pycnophyllum borassifolium Br. Gœp.)
Rhabdocarpos Candollianus H. T. — *H.*

B. Monocotyledones?

Antholithes Favrei H. Po. — *H.*
Carpolithes ellipticus Stbg. Mu. — *H.*
Cardiocarpon. Mont — *Gr.*

II. DOCUMENTS POUR SERVIR A L'HISTOIRE DU TERRAIN CARBONIFÈRE DES ALPES.

Introduction[1].

§ 703. Dans ce résumé des travaux relatifs au terrain carbonifère des Alpes, longtemps nommé terrain anthracifère, il m'a paru convenable d'établir des divisions. Je ne veux point les baser sur les mémoires qui ont joué un rôle plus ou moins important dans la géologie des Alpes, mais sur les observations et les faits. Il me semble naturel, dès lors, de comprendre dans **la première partie** toutes les observations anciennes relatives aux anthracites et aux végétaux qui les accompagnent, ainsi que le début de la comparaison des terrains des Alpes avec ceux de la Grande-Bretagne. Cette division s'arrête en 1827.

Dans **la seconde partie**, de 1828 à 1858, je donne le résumé des mémoires publiés depuis la découverte des bélemnites dans la trop célèbre localité de Petit-Cœur, près de Moûtiers en Tarentaise, jusqu'au moment qui précède celui où le terrain triasique a été reconnu dans les Alpes.

La troisième partie, ne comprend que les années 1858 à 1860, durant lesquelles la présence du terrain triasique et celle de l'infra-lias ont été constatées, et j'insiste sur les conséquences de cette nouvelle classification des terrains.

La quatrième partie (1860 à 1863) commence à la découverte des nummulites de la Maurienne, et s'étend jusqu'à la clôture du débat.

A la fin de la discussion dont je viens de préciser les

[1] J'ai publié un précis de cette histoire dans le *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 1864, XXII, 59, et *Archives*, 1865, XXII, 81.

phases l'un des partis publia un grand nombre de mémoires, et l'autre fort peu. Le nombre des géologues rangés dans le premier fut considérable et petit dans le second. Enfin, on verra que la présence du terrain triasique, celle du terrain infra-liasique et la découverte du terrain nummulitique concourent, avec les caractères minéralogiques des roches, leur position stratigraphique si longtemps méconnue et les fossiles qu'elles renferment, à démontrer la présence du vrai terrain carbonifère dans les Alpes.

Je tiens, en commençant, à faire remarquer que souvent au moment où un auteur livrait son travail au public, il ne connaissait pas les communications faites dans le sein des sociétés savantes peu avant sa propre publication, et cela parce que les comptes rendus et les bulletins de ces sociétés paraissent tardivement.

Je ferai encore observer que des savants de grande distinction ont modifié leur opinion pendant la durée des débats dont je vais essayer de retracer la marche. C'est tout à fait à tort, à mon avis, qu'on fait de ces changements d'opinion un sujet de reproche. On doit y voir, au contraire, le travail d'un esprit distingué et actif, qui se tient au courant des progrès de la science ; ils sont également le signe d'une loyauté et d'une indépendance qui honorent l'homme dont les appréciations changent d'après des motifs purement scientifiques [1].

Pour qu'une histoire offre quelques résultats utiles, il faut qu'elle ait le caractère de l'impartialité, ce qui n'exige point que l'auteur mette au même niveau les opinions des

[1] Je ne voudrais pas qu'on prît ces réflexions pour une critique indirecte de la conduite des hommes qui n'ont que peu ou point modifié leur manière de voir. On trouve de ces hommes dans les deux partis dont je vais parler, et il est évident que les profondes convictions sont trop respectables pour qu'il soit nécessaire de les justifier.

deux partis et renonce à sa manière de voir. L'impartialité consiste à faire connaître les arguments, les plus puissants et les plus décisifs, des savants avec lesquels il est en opposition. C'est ce que je me suis efforcé de faire, et quoique j'aie eu toujours une opinion arrêtée, je chercherai à donner des preuves de cette impartialité dans les pages suivantes. D'ailleurs le nombre considérable de citations que j'y ai introduites facilite la vérification de tout ce que j'avance.

I. De 1796 à 1827.

§ 704. Si, durant les années qui précèdent le siècle où nous sommes, il y eut des idées saines sur certains points de l'histoire de la terre; si quelques savants à l'esprit juste et clairvoyant firent des conquêtes réelles et solides sur l'inconnu qui les entourait, il resta cependant, en géologie, bon nombre de points obscurs même aux yeux des hommes les plus éminents. L'histoire des combustibles fossiles nous en offre un exemple frappant : Hauy, le célèbre **Hauy**[1], et **Playfair**[2], dont les noms sont restés illustres dans la science, regardaient l'anthracite comme ayant été formée antérieurement aux animaux et aux végétaux. Cependant **de Saussure**, en 1796, avait parlé de ce charbon fossile de manière à ne laisser aucun doute sur son origine végétale[3]. Brochant de Villiers nous apprend que **Dolomieu**[4] assurait que l'anthracite « se trouvait en couches et en filons dans des « schistes micacés qu'il regarde comme primitifs. »

Peu à peu on en vint à discuter plus activement ces opinions diverses; quelques naturalistes regardèrent le charbon

[1] *Journ. des Mines*, 1796-1797, V, 338.
[2] En 1802, Hutton, trad. par Basset, 58.
[3] *Voyages*, § 2324, n°s 33 et suivants.
[4] *Journ. des Mines*, 1808, XXXIII, 341, et an XI, XIV, 172

de pierre comme un minéral, d'autres comme le produit d'une végétation ancienne, mais on ne se décida point, quoiqu'on eût remarqué depuis longtemps les empreintes de plantes qui accompagnent les bancs de houille, et le passage insensible qui existe entre les diverses espèces de charbon et le bois fossile.

En 1800 (an VIII), le professeur **Bertrand**, l'auteur des *Renouvellements periodiques des continents*, décide, après mûr examen, que le charbon de pierre est un minéral [1]. Enfin, trois ans plus tard, **Héricart de Thury** [2], dans un travail remarquable sur la mine du Clos-Chevalier (Allemont en Oisans), reconnaît que l'anthracite « est formée depuis « l'existence et par la destruction des êtres organisés. » Cette conclusion était contraire à l'opinion que Dolomieu avait soutenue. Elle aurait pu faire classer l'anthracite parmi les roches que de Saussure désignait sous le nom de secondaires et qui, d'après ce savant, se distinguent des primitives, parce qu'elles renferment des roches arénacées ou des poudingues, ainsi que des traces d'êtres organisés. Mais l'idée du terrain de transition, née en Allemagne, fut adoptée en France et en Suisse, et les anthracites furent rangées dans cette dernière formation par **Brochant de Villiers** [3]. Elles auraient dû n'en jamais sortir, tant que le terrain de transition a tenu sa place dans la science. Mais on trouve dans le mémoire de ce savant (p. 359) une phrase curieuse : « Le terrain d'anthracite, y est-il dit, est ordinairement « superposé au terrain calcaire. » Cette phrase, longtemps oubliée, est le début de la discussion que je raconte. Les masses calcaires de la région des Alpes dont Brochant s'est

[1] Renouv. des continents, an VIII, 259.

[2] *Journ. des Mines*, an XI (1803), XIV, 172.

[3] Brochant, *Journ. des Mines*, 1808, XXIII, 341.

surtout occupé, sont jurassiques ou triasiques, et si le terrain à anthracite leur était superposé, il ne pourrait l'être que par suite d'un renversement. L'opinion émise par Brochant, dans cette phrase, fut adoptée plus tard par M. Élie de Beaumont son élève, par M. Sismonda, etc.

§ 705. **Brochant de Villiers**, parlant en 1817 de son travail de 1808, reconnaît deux terrains en Tarentaise : le terrain calcaire et le terrain à anthracite; il ne les sépare pas l'un de l'autre, et le dernier est, suivant lui, un terrain de transition[1]. Le calcaire n'a pas, à ses yeux, de caractères qui lui permettent d'en déterminer l'âge. Cependant le nautile qu'il découvrit à Paris, dans une table de marbre de Villette, lui démontra avec évidence que cette roche n'était pas primitive. Ce pas étant fait, Brochant s'arrêta avant d'assigner à ce terrain son âge véritable; la science n'était pas encore assez avancée pour lui permettre de le préciser.

Dans les écrits de de Saussure, on voit combien la nature variée des Alpes le frappe et l'embarrasse. Brochant de Villiers, au contraire, combat l'idée que les Alpes ne sont pas faites comme le reste du monde et qu'elles présentent des terrains exceptionnels. « Les Alpes, dit-il, sont la seule « chaîne où l'on ait cru reconnaître du gypse primitif. » Il en témoigne son étonnement : « Ce serait donc, ajoute-t-il, « la seule roche primitive dont on ne trouverait pas l'analogue dans quelques autres chaînes[2]. » Ne partageant pas cette idée, il ne peut admettre que les gypses des Alpes, qui ont « beaucoup de rapport avec les gypses secondaires « anciens » observés dans la Bavière, le Salzbourg, la Thuringe et ailleurs, « soient primitifs. »

La tendance générale des observations de Brochant l'a-

[1] *Ann. des Mines*, 1817, II, 261.
[2] *Id.*, 296.

mène à rajeunir les roches de sédiment des Alpes, que l'on croyait avant lui fort anciennes. Il se préoccupe également des roches cristallines de cette chaîne, et dans un mémoire publié en 1819, après avoir montré que les roches granitoïdes des hautes cimes des Alpes ne sont pas de vrais granits et qu'elles sont intimement liées au terrain talqueux, il ajoute que ses observations établissent *le peu d'ancienneté relative des prétendus granits du Mont-Blanc et des Hautes-Alpes, ainsi que celle des terrains talqueux dont ils font partie* [1].

La présence du terrain carbonifère n'était pas très-facile à constater, à ce qu'il paraît; car **de Charpentier**, qui a donné à la science tant de preuves de sagacité, ne parle pas de ce terrain dans sa description des environs de Bex [2]. Il y a pourtant, dans les montagnes dont il a tracé une esquisse géologique, de grandes masses de poudingue de Valorsine, des gîtes d'anthracite et des rochers contenant de belles empreintes végétales; tels sont ceux d'Erbignon, sur la rive droite du Rhône, non loin des villages de Lavey et de Morcles. De Charpentier range dans les dépôts de transition, comme on le faisait alors, certaines couches dont l'âge a été, plus tard, rapporté à d'autres temps de l'histoire de la terre.

En 1821, le **docteur Buckland** énonce très-positivement son opinion [3], et dit que la formation houillère est « nulle dans les Alpes et dans le bassin du Pô. » Il signale dans les Alpes, sous le nom de *Rouwhacke*, une roche qui

[1] Sur la place que doivent occuper les roches granitoïdes du Mont-Blanc et d'autres cimes centrales des Alpes, dans l'ordre d'antériorité des terrains primitifs, *Ann. des Mines*, 1819, IV, 282.

[2] Mémoire sur la nature et le gisement du gypse de Bex, *Ann. des Mines*, 1819, IV, 538.

[3] Structure géognostique des Alpes, etc. *Journ. de Physique*, 1821, XCIII, 20.

devait plus tard jouer un certain rôle dans la géologie de cette chaîne; cette pierre n'est autre que la *Rauwacke* ou *cargneule*. Il la considère comme étant située au-dessous du lias et au-dessus des couches « appelées improprement de transition, » et croit que cette roche, ainsi que celle des mines de sel de Bex, doit être rangée dans le « calcaire alpin ancien, » dont la formation est contemporaine du calcaire magnésien d'Angleterre. Ce n'était pas la classer loin de la formation du trias, et il a eu raison de faire ce rapprochement.

Alexandre Brongniart, dans son admirable mémoire sur les caractères zoologiques des formations [1], nous parle quelque peu du terrain de transition de la Savoie, mais ne dit rien du terrain anthracifère. Ce n'est pas son but; il s'occupe d'un sujet plus relevé en se posant la question suivante: « Lorsque, dans deux terrains éloignés, les roches « sont de nature différente, tandis que les débris organiques « sont analogues, doit-on, d'après cette différence, regarder « ces terrains comme de formation différente, ou bien doit-« on, à cause de la ressemblance générale et *convenablement* « *déterminée* des corps organisés fossiles, les regarder comme « de même époque de formation, lorsque d'ailleurs l'ordre « de *superposition* ne s'y oppose pas *évidemment?* Après quelques courtes réflexions, il répond en disant : « Je « regarde donc les caractères *d'époque de formation* tirés « de l'analogie des corps organisés, comme de première « valeur en géognosie et comme devant l'emporter sur « toutes les autres différences, quelque grandes qu'elles pa-« raissent. »

On ne saurait attacher une trop haute importance à cette

[1] *Ann. des Mines*, 1821, VI, 537.

conclusion. Elle fut un progrès immense pour la géologie, et donna naissance à la paléontologie, et c'est parce qu'on s'en est écarté que la question de l'âge du terrain anthracifère a arrêté, pendant bien des années, la vraie classification des terrains alpins.

§ 706. Le développement de la science se faisait lentement; il y avait peu d'observateurs et peu d'observations. Le terrain anthracifère ou terrain houiller des Alpes était mal connu, sa position mal définie et quelques savants, même des plus distingués, en reconnaissaient à peine la présence, dans les aperçus généraux qu'ils donnaient de la structure géologique des Alpes. Il semble que, dans ce temps, les discussions étaient plus calmes et plus lentes que maintenant. Cette fièvre d'écrire et de publier, qui est un des caractères de notre époque, n'existait pas encore.

On reconnaît, dans les quelques écrits dont je viens de parler, bon nombre d'observations sages et bien faites; mais nous arrivons à un moment où des études plus précises, en amenant la contradiction, donnent naissance à la discussion que je veux résumer.

Une classification très-judicieuse des terrains d'une partie de la Savoie se trouve dans les volumes que **M. Bakewell** a publiés, en 1823, sous le nom de *Travels in Tarentaise*. Ils renferment de bons aperçus, parce que l'auteur s'est laissé guider par deux idées qui, de nos jours encore, jouent un certain rôle en géologie. Il s'appuyait premièrement sur le principe que Brongniart venait de poser, savoir la contemporanéité de deux terrains renfermant les mêmes fossiles, et secondement sur la méthode tracée par Buckland : la comparaison des terrains du continent avec ceux d'Angleterre, dont la classification était déjà très-avancée.

M. Bakewell critique le travail de de Charpentier sur le

gypse de Bex. Il trouve que ce savant est tombé dans l'erreur généralement répandue à cette époque, en rapportant à la série de transition des couches qui renferment des ammonites et des bélemnites. « Cette erreur, dit-il, a vicié presque « toutes les descriptions géologiques des Alpes, depuis les « écrits de de Saussure jusqu'à nos jours » (*Travels*, II, 412).

Le savant anglais ne se borne pas à critiquer, mais il soutient certaines thèses, qui sont encore justes aujourd'hui. Il avance que « la formation houillère (*coal formation*) « ou d'anthracite, dans cette partie des Alpes (la Tarentaise), correspond par sa position à la vraie formation « houillère de l'Angleterre, quoiqu'elle présente des différences pour la qualité » (*Travels*, I, 290). Il rappelle qu'en divers endroits on peut recueillir, avec le charbon, des empreintes de plantes semblables à celles des vraies couches houillères (*coal strata*, p. 306). Mais, faisant une confusion dans les caractères minéralogiques des roches, il soutient que le charbon et le micaschiste font partie d'une même formation (p. 308), et confond certains grès houillers avec le micaschiste; cette erreur avait été faite avant lui, et lorsqu'on a parcouru la Tarentaise, on la trouve pardonnable.

Enfin Bakewell, faisant un essai de classification des terrains des Alpes et arrivant à des conclusions à peu près semblables à celles de Buckland et de Brongniart, s'exprime de la manière suivante : « Je suis cependant enclin « à aller plus loin que ne le fait M. Brongniart, et je me « suis persuadé que la même cause ou des causes semblables à celles qui ont changé en marbre dur, dans les « Alpes, ce qui est en Angleterre du calcaire terreux, ont « aussi converti notre lias argileux, nos schistes et le

« *clunch*[1] en schistes argileux durcis ou en schistes noirs « qui renferment encore des ammonites et des bélemnites « caractéristiques de notre lias argileux et de notre *clunch ;* « et si le calcaire associé au gypse des Alpes est le même « que notre calcaire magnésien, les couches placées dessous « contenant de l'anthracite, correspondent également à nos « formations carbonifères régulières, avec lesquelles elles « s'accordent, j'en suis convaincu, malgré leur plus petite « épaisseur. Si les calcaires de montagne ou de transition « situés sous le charbon se rencontrent dans les Alpes, ils « ne paraissent y occuper qu'un très-petit espace, et aux « couches de la formation houillère succèdent des schistes « noirs, des micaschistes et des granits veinés » (*Travels*, II. 410).

On trouve, dans ce paragraphe, des idées intéressantes sur le métamorphisme, un rapprochement très-plausible entre les gypses et le trias, et la persuasion que le terrain anthracifère est contemporain du terrain houiller. Jusqu'ici, le développement de la classification des terrains des Alpes se fait d'une manière normale.

§ 707. Pendant quelques années, on resta sur ces déterminations ; on ne fit aucune tentative pour leur donner un plus grand degré de précision, si l'on en juge par les quelques mots contenus dans un travail de **M. Necker** et par les mémoires de **M. Keferstein.** Le premier, vers 1826, pensait encore que le conglomérat de Valorsine appartenait vraisemblablement à la formation du grès rouge ancien des Anglais, ou au grès rouge intermédiaire des géologues du continent[2]. Cependant, ce savant distinguait très-nettement

[1] Nom provincial employé pour désigner certaines argiles durcies du terrain houiller, du gault ou de la craie marneuse.

[2] Mémoire sur la vallée de Valorsine, *Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, IV, 1828. Exemplaire à part, 33.

ce terrain des calcaires à bélemnites. M. Keferstein, cette même année [1] et plus tard encore, semblait adopter les opinions de M. Bakewell ; cependant ses idées m'ont toujours semblé peu précises, et sa classification des terrains alpins très-compliquée.

II. De 1828 à 1858.

§ 708. Quelques années après la publication de l'ouvrage de Bakewell, parut un mémoire de M. Élie de Beaumont relatif à la localité de Petit-Cœur, en Tarentaise [2]. La question de l'âge du terrain anthracifère des Alpes y fut traitée de telle sorte qu'il n'a pas fallu moins de trente-cinq années d'observations, de raisonnements et d'efforts, pour arriver à modifier l'effet qu'il avait produit, tant l'importance en était grande. Une partie de la science en a été ébranlée jusque dans ses bases les plus profondes. Comment ce travail, sortant d'une plume qui a eu la plus grande influence sur la marche de la géologie, n'aurait-il pas eu du retentissement?

La coupe observée à Petit-Cœur par M. Élie de Beaumont est la partie la plus importante de cette notice ; je la donne ici en énumérant les couches de haut en bas.

Schiste argilo-calcaire gris à bélemnites, de la carrière en face de Naves.

Grès et argile schisteuse, alternant et ressemblant au grès inférieur.

Argile schisteuse noire, contenant des empreintes vég-

[1] *Bull. Soc. Philom. de Paris*, 1826, 105. — Deutschland geol. darg. V, 115 et 119, d'après Ferussac, *Bulletin*, 1829, XVIII, 337.

[2] Notice sur un gisement de Végétaux fossiles et de Bélemnites, situé à Petit-Cœur près Moûtiers en Tarentaise, *Ann. des Sc naturelles*, 1828, XIV, 113.

tales que M. Ad. Brongniart a reconnues être semblables à celles du terrain houiller; environ un mètre de puissance. On y a ouvert une galerie pour la recherche de l'anthracite.

Schiste argileux renfermant des bélemnites et des entroques, ayant environ un mètre et demi d'épaisseur.

Grès schisteux micacé, grisâtre, en couches dirigées au N. 20° E. et plongeant de 70° à l'E. 20° S. Ce grès ressemble à ceux qui contiennent de l'anthracite à la Motte, département de l'Isère, et aux Ouches, vallée de Chamonix.

Terrain primitif.

« Il paraît donc positivement constaté, dit M. Élie de « Beaumont, que le schiste impressionné de Petit-Cœur est « intercalé entre deux couches de schiste argilo-calcaire, « renfermant des bélemnites, et il ne paraît pas qu'aucune « hypothèse sur les bouleversements qu'a subi le terrain, « puisse permettre de croire que la formation des impres- « sions végétales appartienne à une époque différente de « celle à laquelle les bélemnites ont été déposées. » Il résultait de cette manière de voir que le vrai terrain houiller ne pouvait se trouver dans les Alpes.

Cependant, à la suite du mémoire de M. Élie de Beaumont, **M. Ad. Brongniart**[1] publia les noms de 24 espèces végétales recueillies dans le terrain anthracifère de la Savoie et du Dauphiné. Sur ce nombre, deux seulement, le *Nevropteris Soretii* et le *Pecopteris Beaumontii* n'avaient pas encore été trouvées dans des terrains reconnus pour appartenir à la formation houillère; mais toutes les autres sont de véritables plantes carbonifères. Néanmoins, aux yeux de M. Brongniart, ces deux espèces sont très-voisines des végétaux de la flore houillère, et il insiste sur la différence qu'on

[1] Observations sur les végétaux fossiles des terrains d'anthracite des Alpes. *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XIV, 127.

remarque entre les végétaux fossiles qu'il a étudiés et ceux du terrain triasique et du terrain liasique, puis il ajoute : « Ainsi, l'identité de la végétation, dont nous trouvons les « débris dans les formations d'anthracite des Alpes, avec « celle qui a donné naissance aux dépôts de houille, ne peut « être contestée; cette identité est aussi complète que celle « qu'on peut observer entre deux bassins houillers diffé- « rents. » Pour mettre d'accord ces conclusions si précises avec les observations de M. Élie de Beaumont qui paraissaient inattaquables, M. Brongniart ne croit pas impossible que des végétaux présentant les caractères de ceux de l'époque carbonifère aient vécu dans des régions tropicales pendant que les dépôts liasiques se formaient en Europe, et qu'ils aient été apportés par des courants au sein de ces derniers.

Cette hypothèse enlevait aux végétaux fossiles une grande partie de leur valeur comme caractère des formations. Dès qu'il aurait été prouvé, d'une manière générale, que les mêmes espèces végétales avaient pu vivre à des époques géologiques très-éloignées les unes des autres, la paléontologie botanique pouvait conserver de l'intérêt, mais elle ne pouvait plus servir à déterminer une époque ou un terrain.

Pour concilier cette opposition manifeste, entre les caractères fournis par les animaux fossiles qui assignent à une partie des couches de Petit-Cœur l'âge du lias, et les caractères tirés des végétaux fossiles qui désignent l'époque houillère comme étant le moment où se sont formés les schistes contenant les empreintes végétales de cette localité, on pouvait faire trois suppositions : 1° que les végétaux de l'époque houillère vivaient encore sous les tropiques pendant que le lias se déposait en Europe; 2° que les bélemnites avaient apparu sur la terre pendant l'époque carbo-

nifère; 3° enfin que l'arrangement des terrains de Petit-Cœur pouvait s'expliquer par des contournements ou des plis de couches. Toutes ces hypothèses ont été abordées, discutées, et comme on le verra, les deux premières ont été abandonnées.

§ 709. Peu de temps après la publication de son mémoire sur Petit-Cœur, **M. Élie de Beaumont** donna un travail sur la géologie du col du Chardonnet[1]. Ce savant géologue constatait la présence d'un grand système de schistes argilo-calcaires dont la partie inférieure était formée par les couches de Petit-Cœur, et la partie supérieure par les grès à anthracite du Chardonnet (avec leurs végétaux fossiles identiques à ceux du terrain houiller), et par les couches à anthracite des environs de Briançon. L'épaisseur attribuée à ce système n'était pas moindre que 2000 mètres, ce qui faisait croire à l'auteur que ce terrain ne pourrait jamais être introduit, sans anomalie, dans l'échelle des formations. On est arrivé maintenant à démontrer que, dans cette énorme épaisseur, il y a plusieurs terrains; tous ont trouvé leur place normale et ont été rapportés à un horizon déjà connu. La superposition des grès à anthracite (terrain houiller) aux schistes argilo-calcaires (terrain triasique ou jurassique) est un des faits qui a le plus contribué à faire méconnaître l'âge véritable des formations. Elle se voit non-seulement au Chardonnet, mais près de St-Michel en Maurienne, au col des Encombres (§ 658), à Montagny, près de Brides (§ 655), à Aime, etc. Elle est due à un renversement des couches, qui a placé dessus celles qui devaient être dessous.

[1] Sur un gisement de végétaux fossiles et de graphite, situé au col du Chardonnet (département des Hautes-Alpes). *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XV, 353. — Le col du Chardonnet est situé au Nord du Monestier, et au N.-O. de Briançon.

Après les mémoires de M. Élie de Beaumont, où le terrain houiller, le terrain triasique et le terrain jurassique avaient été confondus en un seul et même groupe, malgré les aperçus fournis précédemment par Bakewell, « les études « sur les Alpes changèrent de but, dit **M. Gaudry**[1]; le « contraire de ce que les anciens géologues avaient espéré « arriva, et les Alpes, au lieu d'éclaircir l'histoire du globe, « firent, au contraire, concevoir des doutes sur l'universa- « lité des lois proclamées d'après les études des terrains « qui ont conservé leur position normale. »

Il y eut une confusion telle que le développement des idées émises par l'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences amena, au bout de quelques années, ceux qui les partageaient à réunir en un seul groupe le terrain nummulitique, le terrain jurassique, le terrain triasique et le terrain houiller. Mais avant de conduire à ces conséquences extrêmes, les conclusions de M. Élie de Beaumont furent adoptées avec une certaine confiance par plusieurs savants, entre autres par **Sir Henri de la Bèche**. Ce géologue, si remarquable par ses idées claires et pratiques, pense que, « pour déterminer le groupe auquel on doit rapporter ce « terrain (celui de Petit-Cœur), il y aurait à examiner si on « doit attacher plus d'importance à la présence des bélem- « nites ou à celle des empreintes végétales. Mais cette « question se trouve résolue par la certitude que M. Élie « de Beaumont *paraît avoir acquise*, que le même système « de couches se prolonge jusqu'à Digne et à Sisteron, où « elles contiennent les fossiles caractéristiques du lias[2]. »

La foi de M. de la Bèche dans l'interprétation des observations faites en Tarentaise ne semble pas bien forte vers

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 596.
[2] Manuel géologique, 2e édit., 1833, 401.

1833 [1]; mais, vers 1849, il parut partager d'une manière plus décidée les opinions du savant français.

M. Gueymard, au contraire, nous dit, après avoir examiné le département des Hautes-Alpes, qu'aucune localité ne lui a présenté des alternances de grès à anthracite avec des calcaires à bélemnites. « Il me resterait, dit-il, de grands « doutes sur cette alternance, si elle n'avait pas été exa- « minée par un naturaliste aussi distingué que M. Élie de « Beaumont [2], et ce même savant fait une réflexion semblable, après avoir exploré le département de l'Isère [3].

§ 710. La première objection très-sérieuse qui fut faite aux idées de M. Élie de Beaumont vint de **M. Voltz**, aussi bon géologue qu'habile paléontologiste. Il voulut chercher à concilier les observations faites à Petit-Cœur avec les lois connues de la paléontologie, et il écrivait en 1830 à M. Gueymard :

« J'ai bien réfléchi sur les grès à anthracite à plantes « houillères qui se trouvent dans vos lias. Je me suis beau- « coup occupé du redressement de couches et du soulève- « ment de montagnes en rédigeant mon cours de géognosie. « Je suis arrivé à ce principe, que si un terrain à stratifi- « cation horizontale et concordante composé, par exemple, « de terrain houiller recouvert de lias subit un redresse- « ment régulier sur une grande étendue en longueur et en « largeur, ce redressement aura lieu par zones parallèles « M, M, M, en suivant les fissures N, N, N, aussi parallèles « (Pl. XXVII, fig. 1). Ces zones et fissures demeureront « parallèles à la direction que prendront les couches de

[1] Lyell, Adress delivered at the anniversary, etc., 17 february 1837. *Proceedings of the Geologic. Soc.* II, 494.
[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 598.
[3] *Statistique minéralogique*, etc., *du département de l'Isère*, 1831, 11.

« grès houiller et de lias. A, B, C, indiquent les positions « de ces terrains depuis l'horizontalité jusqu'à la verticalité.

« Fig. A. Terrain dans son premier état.

« Fig. B. Terrain soulevé suivant les axes parallèles à « N et porté à 45°.

« Fig. C. Terrain dont le soulèvement a redressé les « couches verticalement.

« Ces couches se présenteront ici à l'observateur comme « si ces deux roches alternaient; mais l'alternance est illu- « soire; elle n'est pas réelle. N'est-ce pas un redressement « semblable qui aura fait croire que les grès des anthracites « et des lias alternent dans la Tarentaise et le Dauphiné? « Si le redressement n'est pas arrivé à la verticalité, des « culbutes de grandes masses peuvent présenter des illu- « sions semblables. »

Ce travail, d'une haute importance, fut longtemps méconnu. Rédigé en 1830, il ne fut publié qu'en 1844 dans la *Statistique minéralogique, géologique*, etc., du département de l'Isère, de M. Gueymard, d'où il fut tiré pour être réimprimé dans le *Bulletin de la Société géologique de France*[1].

La singulière position qui était assignée au terrain anthracifère excita l'attention d'un homme qui s'occupait des intérêts généraux de la science. **M. Sternberg**, en 1833 discuta, dans son *Essai d'une description géognostique et botanique de la flore de l'Ancien Monde*[2], les observations faites à Petit-Cœur. Il conclut à la conservation d'une flore insulaire dans cette contrée, à une époque où ailleurs se développait déjà une flore submaritime[3].

[1] 1855, XII, 597.

[2] Prague, 1833, in-f°.

[3] Boué, Résumé des progrès de la géologie. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1834, V, 477.

En 1834, **MM. Montalembert et Bertrand-Geslin** classèrent dans le lias les couches d'anthracite du Peychagnard, près la Mure (Isère). Ce fut cependant dans cette même localité que, six ans plus tard, la Société géologique de France reconnut la superposition du lias au grès anthracifère et la discordance de ces deux terrains [1].

En 1835, **M. Sc. Gras**, dont nous retrouverons souvent le nom dans ce travail, prit part pour la première fois à cette discussion, et adopta en partie la manière de voir de M. Élie de Beaumont. « Les caractères zoologiques de « ces mêmes couches (terrain anthracifère), dans la Taren- « taise, ont conduit M. Élie de Beaumont, dit-il, à les « rapporter à la partie inférieure du lias, rapprochement « qu'aucune observation nouvelle n'est venue depuis contre- « dire [2]. » Cependant, la même année, M. Dausse distingua nettement dans les montagnes de l'Oisans le grès anthracifère des calcaires à bélemnites [3].

Les publications variées et importantes de **M. Sismonda** sur la géologie des Alpes ont, en général, été d'accord avec celles de M. Élie de Beaumont. Nous en avons la preuve dans les mémoires qu'il publia en 1835 et 1836 [4], et nous constaterons encore ce fait lorsque nous analyserons les

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1834, IV, 405, et 1855, XII, 600. J'ai donné un dessin de cette localité dans mes *Remarques sur les Anthracites des Alpes*, 1841.

[2] Statistique minéralogique du Département de la Drôme. Grenoble, 1835, in-8°, p. 50.

[3] Essai sur la formation et la constitution de la chaîne des Rousses en Oisans. *Mém. Soc. géol. de Fr.*, 1835, II, 125.

[4] Osservazioni geologiche sulla valle di Suza et sul Monte-Cenisio. *Acad. de Turin*, 1835, XXXVIII. — Osservazioni geognostiche e mineralogiche intorno ad alcune valli delle Piemonte. *Ac. de Turin*, 1836, XXXIX. — Osservazioni mineralogiche e geologiche per servire alla formazione della carta geologica delle Piemonte. *Mém. de l'Acad. de Turin*, 2e série, II, 1.

travaux du savant piémontais, qui se rapportent plus directement au terrain anthracifère.

§ 711. **Sir Charles Lyell,** appelé à traiter la question de la position de ce terrain dans son Adresse anniversaire à la Société géologique de Londres[1], disait spirituellement aux savants qui admettaient la contemporanéité des bélemnites et des plantes houillères, ce que Léopold de Buch répondait un jour à des géologues qui lui racontaient des observations très-surprenantes : « Je le crois, disait-il, parce « que vous l'avez vu; mais si je l'eusse vu moi-même, je « ne le croirais pas. » C'était une manière courtoise d'exprimer des doutes.

Les études et les nombreuses courses que **M. Sc. Gras** fit pendant quelques années dans les Alpes lui permirent de donner, en 1839, un mémoire *sur l'âge géologique des couches anthracifères du département de l'Isère*[2]. Il le termina en concluant que ces couches « sont indépendantes du « terrain jurassique. Leur position au-dessous de ce terrain, « ajoute-t-il, et les empreintes végétales de l'époque houil- « lère qu'elles renferment, doivent les faire classer dans le « groupe des terrains carbonifères, groupe dont les dépôts « houillers forment la limite supérieure. » Ce savant pensait aussi que « l'on doit rapporter à la période carbonifère « toutes les couches cristallines le plus souvent talqueuses « qui, dans le Dauphiné et en général dans les Alpes, ont « été considérées jusqu'à présent comme primitives. »

Dans la communication que M. Gras fit, à la même époque, à la Société géologique de France, il proposa de renoncer à l'examen des fossiles pour la classification des

[1] *Adress delivered at the anniversary Meeting of the geological Soc. of London*, 17 Febr. 1837, et *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 602.
[2] *Ann. des Mines*, 1839, XVI, 381.

terrains anthracifères, et de s'en tenir aux caractères géologiques[1]. **M. Rozet** fit des objections à cette manière de voir, disant qu'il ne pensait pas que les gneiss, les micaschistes, etc., fussent de l'époque carbonifère. M. Gras maintint son opinion[2], tout en reconnaissant que, dans les Alpes, les couches ont subi de grands bouleversements, et que l'on doit se tenir continuellement en garde contre toutes les illusions auxquelles ces dérangements donnent lieu.

Un peu plus tard, ce savant disait : « M. Élie de Beaumont a émis l'opinion que les schistes et les grès anthracifères des Alpes, avec empreintes végétales de l'époque houillère, faisaient partie du lias. Je ne crois pas que cette classification soit applicable aux grès à anthracite du département de l'Isère[3]. » Par conséquent, M. Gras rangeait les couches à anthracite et à végétaux fossiles dans le terrain carbonifère ; mais ce terrain même renfermait, à ses yeux, des micaschistes et des gneiss.

La carte géologique de la France, dressée par MM. Élie de Beaumont et Dufrénoy, qui parut vers 1840, est sans contredit un des plus beaux travaux auxquels la géologie ait donné naissance, et quoique je ne puisse admettre le principe qui y a fait supprimer la représentation du terrain carbonifère en Savoie et en Dauphiné, j'ai une sincère admiration pour ce grand ouvrage. On y voit que les terrains cristallins forment la chaîne centrale des Alpes ; le terrain jurassique qui borde cette chaîne sur les deux versants est représenté comme étant *modifié* sur un certain espace du revers sud. Ce terrain jurassique modifié, situé à

[1] *Bull. Soc. géol. de France*, 1839, X, 91.

[2] *Id.*, 241.

[3] Statistique minéralogique du département des Basses-Alpes, 1840, 35, note.

l'E. du col des Encombres, est, nous l'avons vu, le vrai terrain houiller; il y a donc une lacune importante dans cette carte au sujet de ce terrain; il en est de même pour le terrain triasique.

La lutte était déjà fortement engagée, lorsque **la Société géologique de France** fut convoquée **à Grenoble**, en 1840, pour chercher à élucider la question de l'âge des végétaux fossiles et des anthracites, dont les gisements sont nombreux dans certaines parties du Dauphiné. Pendant cette réunion, les discussions furent très-vives; mais l'une des opinions n'était pas encore assez puissante et assez généralement adoptée, pour que la question fût décidée: toutefois, on reconnut la discordance de stratification du lias et du terrain anthracifère[1]. **M. Gueymard** formula ses idées avec plus de précision qu'il ne l'avait fait jusque-là. Il déclara que les anthracites du département de l'Isère sont plus anciennes que le lias. « Les hypothèses, dit-il, « que l'on a faites pour conserver la végétation des temps « carbonifères avec la période du lias, dans ces contrées, « ne m'ont jamais paru admissibles[2]. » Lorsqu'en 1844 ce savant publia sa Statistique minéralogique et géologique du département de l'Isère[3], il identifia le terrain anthracifère avec le terrain houiller. D'un autre côté, **M. Sc. Gras** soutint son opinion[4].

C'était la première fois que je me trouvais dans une session extraordinaire de la Société géologique de France, où les travaux se font plus sur le terrain qu'en séances régulières. Je faisais alors mon premier voyage géologique, et

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.* 1840, XI, 392.

[2] *Id.*, 419.

[3] *Statistique*, etc., indiquée *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 615; je ne connais que celle de 1841.

[4] Note additionnelle, etc. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1841, XII, 150.

j'avais toute l'ardeur d'un jeune homme passionné pour la science; les débats, auxquels je ne pris qu'une faible part, et surtout les courses m'ont laissé un vif souvenir.

§ 712. Je quittai la Société géologique vers le milieu de la session, pour me rendre au congrès de Turin, en passant par le Mont-Viso. Dans cette nouvelle réunion, j'entendis encore discuter la question de l'âge du terrain anthracifère; c'est ce qui avait lieu à cette époque dans toutes les réunions où la géologie jouait un rôle. Mais je n'insiste pas sur les détails de ces séances, parce que les opinions sérieuses se sont fait jour dans des mémoires spéciaux.

Les observations faites à Petit-Cœur par M. Élie de Beaumont étaient rédigées d'une manière si claire et si précise, que beaucoup de savants en acceptèrent les conséquences, mais plusieurs d'entre eux ne le firent que momentanément, parce qu'ils subirent l'influence des observations nouvelles. C'est probablement sous l'impression du travail du savant français que **M. Studer**, de Berne, se rangea à l'avis que les plantes de l'âge du terrain houiller avaient continué à se propager dans les Alpes, au delà de la première apparition des bélemnites et des ammonites du lias [1]. Mais, plus tard, le savant géologue bernois soutint que le lias, le terrain anthracifère et les schistes cristallins étaient trois formations distinctes [2].

A la suite de la réunion de la Société géologique à Grenoble, je rédigeai un **Mémoire sur les anthracites des Alpes** [3]. Je cherchai à montrer : 1° que l'idée de classer le terrain anthracifère dans le terrain jurassique ne pouvait

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1841, XII, 283.
[2] *Archives*, 1846, III, 257.
[3] Remarques sur les Anthracites des Alpes, *Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, 1841, IX, 409.

se concilier ni avec les lois de la paléontologie, ni avec les observations faites dans les autres pays; 2° que les végétaux de l'époque carbonifère n'avaient pu vivre jusqu'à l'époque du lias, en traversant toutes les périodes pendant lesquelles se sont déposés les terrains qui séparent ces deux formations; 3° que le terrain liasique est en stratification discordante avec le terrain anthracifère dans quelques gisements du département de l'Isère; 4° que, dans certaines parties de l'Oisans, le terrain anthracifère est situé de telle manière que sa position ne peut être expliquée que par le plissement des couches. Je donnai à cette occasion la coupe d'une singulière localité, située sur la route de Grenoble à Briançon; et quoique je n'eusse connaissance ni du mémoire de M. Voltz sur les plis de ces terrains, ni des discussions qui eurent lieu à la fin de la session de la Société géologique que j'avais quittée pour me rendre à Turin [1], je montrai comment des plis rendent compte facilement de cette section, si compliquée en apparence. Dix-huit ans plus tard cette idée fut approuvée par M. Lory, qui, certes, est le juge le plus compétent sur ce sujet et sur cette localité [2]. C'est encore l'idée du plissement des couches qui a fourni la solution définitive de la discussion relative au terrain houiller. Enfin, dans ce mémoire, j'expliquai la structure du terrain de Petit-Cœur par un pli semblable à celui figuré dans la Pl. XXVII, fig. 2 ; les lignes ponctuées y indiquent les terrains qui ont disparu. La question de l'âge des anthracites était résolue de cette manière, et tout en respectant les lois de la paléontologie, ce combustible était classé dans le terrain houiller.

Cette solution de la question de Petit-Cœur a été vive-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1845, II, 616 ; 1855, XII, 625.
[2] *Description géologique du Dauphiné*, 1860, 1re partie, p. 87.

ment attaquée, et cependant ce n'est pas dans les Alpes seules qu'on a observé des plis dans les terrains; **MM. Sauvage et Buvignier**[1] en ont signalé dans les Ardennes. « En plusieurs points, disent-ils, le dessus des plis, la « partie convexe a été enlevée; les parties concaves sont « masquées par la végétation, par des éboulements de ro- « ches, ou situées au-dessous du niveau des vallées. Les « couches paraissent alors simplement superposées, sans « que les rides soient apparentes comme dans la Pl. XXVII, « fig. 3, où les couches représentées par les lignes ponc- « tuées ont disparu. » D'après ces savants, la fig. 4 de la Pl. XXVII est la représentation hypothétique de ce terrain. Il est inutile de multiplier des exemples d'une structure fort connue maintenant; ils montreraient que celle dont j'ai supposé la présence en Tarentaise n'est point extraordinaire.

§ 713. **M. Sismonda**, qui s'occupait avec une grande activité de la carte géologique du Piémont, crut pouvoir établir plusieurs subdivisions dans les grandes masses de grès, de quartzite et de calcaires plus ou moins argileux des Alpes[2]. Il chercha à rapporter les terrains de cette chaîne à ceux qui étaient déjà reconnus ailleurs; mais il ne tint compte ni des végétaux fossiles comme caractère des formations, ni des contournements des couches; il se laissa guider par des superpositions plus apparentes que réelles, en sorte qu'il arriva à classer dans l'étage oxfordien des couches renfermant des végétaux du terrain houiller, etc. J'ai cherché à résumer les principales idées émises dans le

[1] *Statistique minér. et géol. du départ. des Ardennes*, 1842, p. 18, pl. III, fig. 5, et p. 184, pl. III, fig. 32.

[2] Memoria sui terreni stratificati delle Alpi, *Mémoires de l'Ac. de Turin*, 1841, III. On trouve un extrait de ce mémoire fait par M. Murchison, dans l'Adresse anniversaire de la *Société géol. de Londres*, du 17 février 1843.

travail du savant piémontais, et je crois qu'on peut les grouper de la manière suivante :

1° Une grande action métamorphique a changé certaines parties des terrains, au point de les rendre méconnaissables.

2° Le plus ancien des terrains stratifiés des Alpes appartient au lias.

3° Les végétaux de l'époque houillère vivaient encore à l'époque du lias.

4° En s'appuyant sur la coupe de Petit-Cœur à Aime (Pl. XXVII, fig. 6, dont l'explication est donnée § 740), le savant piémontais croit reconnaître l'oolite inférieure dans les couches superposées au lias.

5° Les gypses sont le résultat d'un métamorphisme local.

6° Le terrain anthracifère supérieur à l'oolite inférieure est rapporté à l'oxford-clay, mais il y a aussi un terrain anthracifère inférieur dans le lias; tous deux renferment des végétaux fossiles identiques à ceux du terrain houiller.

7° Les terrains supérieurs de la Tarentaise et de la Maurienne doivent appartenir aux étages du coral-rag, du kimméridien et du portlandien; ils renferment souvent du gypse, et se rencontrent dans les environs du Mont-Thabor.

Malgré toute l'érudition contenue dans ce travail, la plus grande partie de cette classification n'a pas été adoptée.

Dans la même année, **M. Fournet**[1] parla historiquement des observations relatives au terrain houiller. Il mit de la prudence dans les jugements qu'il porta, et ne se prononça pas d'une manière positive. On le comprend : la question était embarrassante. Cependant (p. 117), il dit que

[1] Mémoire sur la géologie de la partie des Alpes comprise entre le Valais et l'Oisans; *Ann. Soc. des Sc. phys. et nat., d'agricult., etc. de Lyon*, 1841, IV

les trois formations silurienne, houillère et keupérique manquent dans les Alpes; et plus loin, il exprime la pensée que la présence du porphyre granitoïde pourrait servir à décider la question de l'existence des terrains anthracifères anciens, existence « à laquelle quelques personnes paraissent encore tenir » (p. 503). Lui-même n'a pas l'air d'y tenir beaucoup. Plus tard, il admit un trias alpin[1].

M. James Forbes[2] n'a pas craint d'ajouter à ses observations sur les glaciers quelques aperçus géologiques sur les Alpes. Il parle souvent du lias, mais ne s'occupe pas du grès anthracifère. Cependant, on ne peut nullement en conclure qu'il ait jamais pensé que ce dernier était de l'âge du premier.

§ 714. L'anomalie de Petit-Cœur, comme on l'a nommée quelquefois, préoccupait les géologues. On en parlait dans les sociétés savantes et dans les congrès bien plus encore qu'on ne la discutait par écrit. Pour arriver à une solution, on convoqua la **Société géologique de France à Chambéry**, en 1844, et la grande question de l'âge des anthracites fut mise en première ligne à l'ordre du jour. **M. Rozet** soutint que le terrain qui renferme ce combustible faisait partie du calcaire à bélemnites[3], et parfois ce savant ne semble pas éloigné de le réunir à la formation des schistes talqueux (p. 667).

M. Gras[4] divisa alors le terrain anthracifère en deux parties : 1° en terrain anthracifère inférieur, caractérisé par

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 623.

[2] *Travels through the Alps of Savoy and other parts of the Pennin chain*, 1 vol. in-8°, 1843, et *Norway and its glaciers*, 1 vol. in-8°, 1853.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1844, I, 651.

[4] Introduction à un Essai sur la constitution géologique des Alpes centrales de la France et de la Savoie. *Bulletin Soc. géolog. de France*, 1844, I. 630.

des bélemnites, des pectens, des encrines, des ammonites et des empreintes de plantes identiques à celles du terrain houiller (p. 702); 2° en terrain anthracifère supérieur contenant quatre formations, divisées chacune en deux assises. Ce terrain contient, d'après lui, des quartz micacés, des schistes, des talcschistes et même des gneiss, et renferme encore des ammonites et des bélemnites qui paraissent propres au lias (p. 706), ainsi que des empreintes de plantes du terrain houiller. M. Gras convient qu'il est difficile de séparer les schistes à bélemnites anthracifères des schistes à bélemnites jurassiques (p. 721). Je n'ai pas de peine à le croire.

Pendant les discussions qui eurent lieu à Chambery, chacun soutint fortement sa manière de voir. M. Sismonda maintint que les Alpes présentent deux gisements d'anthracite : l'un inférieur et l'autre supérieur. Celui de Petit-Cœur est, d'après lui, inférieur à celui de Macot (Tarentaise).

La Société visita Petit-Cœur, et vérifia l'exactitude de la coupe donnée par M. Élie de Beaumont; la majorité déclara sur place que les bélemnites et les empreintes végétales houillères se trouvent dans la même formation. Cette idée est exprimée dans le compte rendu officiel rédigé par M. Chamousset, et dans celui que publia M. Clément Mullet[1]; mais cette décision, prise par une espèce de votation, n'eut aucune portée. On comprit qu'il fallait laisser à la politique le privilége du suffrage universel, et qu'on ne devait à aucun prix en embarrasser la science. Cette votation n'inspira aucune confiance, et la discussion continua comme par le passé. Elle fut reprise avec vivacité au congrès des savants italiens réunis à Gênes en 1846[2].

[1] *Mém. de la Société d'Agric., Sc. et Arts de l'Aube*, 1845.
[2] *Atti della ottava riunione, etc. tenuta in Genova*, settembre 1846.

§ 715. **M. Chamousset**, encore sous l'impression de la votation de Petit-Cœur, ne voulant pas séparer les bélemnites des empreintes de fougères, annula les conclusions déduites de la présence des premières pour donner sa confiance aux secondes, et il regarda le terrain qui paraissait les renfermer les unes et les autres comme étant carbonifère.

M. Ewald, savant berlinois, jugea avec raison que les observations faites dans la seule localité de Petit-Cœur n'étaient pas suffisantes pour faire réunir en une même formation les bélemnites et les fougères, qui partout sont distinctes (p. 636). **M. Michelin** croyait à un renversement complet de l'ordre des couches dans la localité de Petit-Cœur.

M. Léopold de Buch, qui était fort au courant de toutes les questions scientifiques et dont l'opinion avait un poids justement mérité, soutint que les bélemnites sont jurassiques, de même espèce que celles qui, au col de la Madeleine, accompagnent l'*Ammonites Bucklandi*, l'*A. depressus*, l'*A. Murchisonæ*, etc., et qu'elles sont supérieures aux couches à *Posidonomya Bronnii.* Pour lui, les fougères des couches anthracifères sont carbonifères, et la structure de Petit-Cœur peut s'expliquer par un renversement. Il se rangea donc à l'opinion que M. Voltz d'abord, et moi ensuite nous avions développée.

M. Pareto résumait la discussion à peu près de la même manière, en séparant le terrain anthracifère du lias; mais **M. Collegno** protesta contre cette conclusion (p. 638), et soutint que les grès anthracifères sont supérieurs aux couches à bélemnites.

La discussion se propagea en Angleterre; mais elle y fut moins vive que sur le continent. **M. L. Horner,** en

parlant de l'âge de l'anthracite dans son Adresse à la Société géologique de Londres, attira fortement l'attention de ce corps savant sur le singulier débat qui avait lieu en France[1]. **Sir Ch. Lyell,** qui avait déjà émis son opinion sous une forme plaisante en 1837, parla sérieusement dix ans plus tard. Après avoir classé dans le terrain triasique et dans le terrain jurassique inférieur les couches de houille de la Virginie[2], il soutint (p. 280) que rien n'autorisait à supposer, dans aucun pays, l'extension de la flore houillère jusqu'à la formation du lias. Cette déclaration du savant anglais s'appuyait sur l'examen des végétaux fossiles fait par M. Bunbury[3], et sur les recherches de M. Buckman[4] sur les végétaux fossiles du lias inférieur; dans ce dernier travail l'auteur faisait ressortir la différence qui a existé entre la végétation de l'époque houillère et celle de l'époque liasique.

§ 716. Un peu plus tard, **Sir R. I. Murchison** publia un mémoire important sur les Alpes[5]. Il y montra l'embarras dans lequel l'avait plongé l'examen de Petit-Cœur, et la répugnance que doit éprouver un géologue à admettre l'association des bélemnites et des végétaux de l'époque houillère, lorsqu'il a foi aux lois de la paléontologie. Cependant la coupe qu'il avait prise à Petit-Cœur (Pl. XXVII, fig. 1) le portait à ne pas combattre les conclusions de MM. Élie de Beaumont et Sismonda. En Angleterre comme en France on faisait des hypothèses pour les expliquer. **Sir Henry**

[1] Anniversary address of the président. *Quart. Journ.* 1846, V, 2..
[2] On the structure and probable age, of the Coal field of James R. · *Quart. Journ. of Geol. Soc. of London*, 1847, III, 261.
[3] Bunbury, Description, etc. *Ibid.* 281.
[4] *Quart. Journal of Geol. Soc.*, 1850, VI, 413.
[5] *Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London*, 1848, V, 174, trad. dans le journal *Les Alpes*, 1850, p. 9.

de la Bèche, dont nous avons déjà parlé, n'osant pas attaquer les observations de M. Brongniart, ni celles de M. Bunbury [1], qui, l'un et l'autre, avaient reconnu les caractères de l'époque houillère dans les végétaux fossiles des Alpes, essaya de montrer qu'on ne devait pas attacher une grande importance à ces végétaux fossiles, parce que, dans certaines circonstances, la latitude a autant d'influence que l'élévation au-dessus du niveau de la mer sur le développement de la végétation, et que les plantes peuvent flotter longtemps et se déposer dans des régions où elles n'ont pas vécu [2]. Ces divers raisonnements devaient enlever à ce grand géologue sa confiance dans la paléontologie végétale.

Ce fut en 1848 que **M. Sismonda** fit la découverte du gisement des fossiles liasiques du col des Encombres [3]. Cette observation avait une certaine importance, parce que ces fossiles sont beaux, nombreux et très-rares dans cette région des Alpes. Il semblait qu'elle était suffisante pour caractériser l'âge du terrain et pour réhabiliter l'importance des fossiles; cependant, M. Sismonda et M. Gras continuèrent à classer tous ces êtres anciens dans le terrain anthracifère.

L'année suivante, **M. Fournet** [4] publia une coupe de Petit-Cœur qu'il avait relevée en 1838 avec MM. Élie de Beaumont et Sismonda (Pl. XXVII, fig. 8; voyez l'explication au tableau § 740). Dans le texte qui accompagne cette coupe, il combat fortement l'idée d'un plissement ou d'une faille dans cette localité (§ XXIX), et conclut en repro-

[1] *Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London*, 1848, V, 30.

[2] *Quart. Journ. of Geol. Soc. of London*, 1849, V, p. XXXVIII; *Archives*, 1849, XII, 154.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1848, V, 410.

[4] Géologie de la partie des Alpes comprises entre le Valais et l'Oisans. *Ann. de la Soc. d'Agric. de Lyon*, 1849, I, 186, § XXVIII.

duisant ce qui avait été dit à la Société géologique de France, savoir qu'il n'était « plus permis de mettre en « doute l'existence simultanée des bélemnites et des em- « preintes végétales dans une même formation, à Petit- « Cœur. »

§ 717. Cependant l'idée d'admettre dans cette localité la présence d'un plissement des couches était fort naturelle. Qu'il me soit permis de faire une excursion en dehors des Alpes, en citant une page de l'un des ouvrages de Dumont, géologue qui, pendant sa courte carrière, a fait de beaux et solides travaux. Cette page se rapporte si bien aux Alpes, quoiqu'il y soit parlé des Ardennes, l'auteur y combat si fortement l'opinion des géologues qui voient des couches diverses et superposées les unes aux autres là où il n'y a que des plis ramenant les couches sur elles-mêmes, il y montre encore que les plis sont si généralement répandus, que je ne puis résister au désir d'éclairer le sujet que je traite en faisant connaître la pensée de l'éminent géologue belge.

« Le terrain anthracifère, dit Dumont[1], que l'on croyait, « avant 1830, composé d'un nombre indéfini de bandes « calcareuses, schisteuses et quartzeuses, a aussi donné « lieu à des découvertes importantes. Je démontrai, dans le « mémoire qui fut couronné par l'Académie, que ce terrain « n'était composé que de deux systèmes calcareux et de « deux systèmes quartzo-schisteux, ramenés un grand nom- « bre de fois à la surface du sol par des plissements et des « renversements remarquables, et je fis voir que, pour les « terrains qui présentent des accidents de ce genre, *on ne « peut établir l'âge relatif des roches d'après leur inclinaison « ou leur superposition.* »

[1] *Acad. des Sc. de Bruxelles*, 10 nov. 1849; *Institut*, 1850, p. 36.

« La détermination des systèmes anthracifères, auxquels « je réunis actuellement le système houiller, a été faite d'une « manière si rigoureuse que, depuis vingt ans, je n'ai rien à « y changer. »

En 1850, **M. Fournet**[1] fit paraître un nouveau travail, dans lequel il annonça qu'il avait reconnu la présence du terrain triasique dans les Alpes; il indiqua quelques-unes des roches qui en font partie et les localités où, d'après lui, on pouvait le voir. Du reste, il ne donna aucune coupe à l'appui de son assertion, et ne fournit que peu de détails sur un sujet qui avait une grande importance. Cette insuffisance de renseignements me paraît avoir été la cause du peu d'influence que ses observations ont eu sur la marche de la science. On s'en convaincra en lisant les travaux qui ont été publiés sur les Alpes françaises et sur les Alpes de la Savoie dans les années qui suivirent; on verra que, pendant longtemps, personne n'admit la présence du terrain triasique dans cette région. M. Studer[2] et M. de Mortillet[3] la nièrent hautement; mais je sens que je suis trop intéressé dans cette question pour porter un jugement. Je rappellerai cependant que, en 1859 encore, M. Fournet parla, dans deux phrases très-courtes, du métamorphisme du terrain houiller changé en pétrosilex, et de celui du terrain triasique, dont certaines parties paraissent fondues[4]. Ce sont là des idées théoriques très-discutables, qui ne sont accompagnées d'aucune preuve.

Petit-Cœur attirait de plus en plus l'attention des géolo-

[1] Note sur quelques résultats d'une excursion dans les Alpes. *Ann. de la Soc. d'Agric. de Lyon*, 1850.

[2] *Geol. der Schweiz*, II, 14.

[3] Trias du Chablais. *Bull. Soc. florimontane d'Annecy*, 29 nov. 1855. — Prodrome d'une géologie de la Savoie, 35.

[4] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVI, 257.

gues. On espérait que des observations nouvelles viendraient expliquer l'anomalie qui y avait été constatée. Quelques savants pensaient qu'un heureux hasard y ferait découvrir, dans un même fragment de roche, des bélemnites associées à des empreintes de fougères. On avait même promis de fortes récompenses pécuniaires aux ouvriers qui fourniraient un semblable échantillon. Or, on trouve à Petit-Cœur des fucoïdes qui sont dans les couches à bélemnites, mais non pas dans la couche des plantes houillères. Ces fucoïdes ont donné lieu à une erreur : **M. Sismonda**, en 1850, annonça la découverte d'un fragment de roche renfermant à la fois une bélemnite et une trace de fougère[1]. En 1852, **M. de Mortillet**, qui pourtant soutenait déjà la présence du terrain houiller dans les Alpes[2], avança aussi, sur ouï-dire, que l'on avait trouvé à Petit-Cœur une bélemnite associée aux végétaux houillers. Mais M. de Mortillet rectifia bientôt cette assertion[3], sur laquelle, d'ailleurs, M. Studer avait déjà donné quelques explications[4].

§ 718. Les géologues qui pensaient découvrir une véritable association des bélemnites avec les végétaux de la flore houillère, n'avaient pas réfléchi que les bélemnites sont des animaux marins, et que les végétaux sont terrestres. Il est difficile, par conséquent, de supposer que ces deux sortes d'êtres organisés puissent se trouver réunis dans la même strate. C'est ce que **M. O. Heer** expliqua dans un mémoire important[5]. Après avoir développé cette idée, M. Heer dé-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1850, VIII, 64.

[2] *Les Alpes* (journal), 1850, 17.

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1852—53, t. X, p. 18 à 20 et *Géologie de la Savoie*, 1858, § 153.

[4] *Neues Jahrbuch*, 1851, 826 et suiv. et *Archives*, 1851, XVII, 70

[5] Leonhard, *N. Jahrbuch*, 1850, p. 657. — *Quart. J. of the Geol. S. of London*, 1851. *Miscell.* VII, p. 91. — *Mittheil. der Nat. Ges. in Zurich*, 1850, n[os] 48 et 49. — *Archives*, 1851, XVII, 70, par extrait.

crivit plusieurs nouvelles espèces de plantes du terrain anthracifère. En les réunissant à celles que MM. Brongniart et Bunbury, avaient déjà fait connaître, il compta 37 espèces identiques à celles du vrai terrain houiller, sans aucun mélange de plantes triasiques; cinq espèces étaient spéciales au terrain anthracifère, mais avaient beaucoup d'analogie avec celles du terrain houiller, et six espèces étaient douteuses: en tout 48 espèces. M. Heer compara ces végétaux à ceux qui avaient été recueillis dans le terrain anthracifère des Alpes autrichiennes, à la Stangenalp, qui n'avaient jamais passé pour liasiques, et que M. Boué, en 1835, avait rapprochés de ceux de la Tarentaise [1]. Il trouva que, sur 44 espèces indiquées par M. Unger et rapportées par ce savant au terrain carbonifère [2], 13 étaient semblables à celles de nos anthracites; 12 étaient identiques à celles du terrain houiller; 31 n'avaient pas encore été indiquées dans nos gites anthracifères, et sur ce nombre 28 étaient carbonifères.

En résumé, en 1850, M. Heer connaissait 79 espèces de plantes provenant du terrain anthracifère de la chaîne des Alpes; dont 8 spéciales à cette chaîne, 7 étaient douteuses et 64 identiques à celles du terrain houiller. Il était donc bien en droit de conclure que les végétaux anthracifères sont des végétaux houillers, malgré l'anomalie de Petit-Cœur.

M. Heer fait remarquer, en terminant, combien la végétation de ce terrain anthracifère est différente de celle du terrain triasique et de celle du terrain liasique.

Ce travail fit partager la manière de voir de l'auteur à

[1] *Mém. S. géol. de Fr.*, 1835, II, 55.

[2] Unger, *Jahrbuch*, 1842, 607. Morlot, *Erläuter. zur geol. Uebers. der Nordöstl. Alpen*, Wien 1847, p. 129.

1846 [1]; l'autre est une empreinte voisine de la *Sigillaria hexagona* ou de la *S. tessellata*, recueillie près de Bex. Ce savant croit que la roche si connue depuis de Saussure sous le nom de poudingue de Valorsine, représente le grès houiller des Allemands et des Anglais [2].

Ce n'est pas la seule fois que l'on a constaté la présence de grands troncs de plantes dans les terrains alpins. Pour ma part, j'en ai recueilli dans les environs de Salins, en Tarentaise, et dans ceux de Taninge, où ils sont nombreux. M. Ph. de la Harpe a trouvé encore une de ces tiges dans un bloc erratique près de Chexbres [3].

M. Ad. Schlagintweit, qui s'était occupé des Alpes, avant d'illustrer l'Himalaya, affirme que « la formation carbonifère est représentée par le terrain anthracifère du « Dauphiné, de la Savoie, etc. [4] »

M. de Mortillet annonça, en 1852, la découverte à Petit-Cœur d'une *Ammonites bisulcatus*, Brug., dans la couche des bélemnites inférieure aux végétaux fossiles; et malgré le mauvais état de conservation des bélemnites, il crut pouvoir les rapporter au *B. acutus*, tandis que les fossiles du même genre venant de la couche supérieure (carrière de Naves) lui paraissaient appartenir au lias moyen. Ces observations ne manquaient pas d'intérêt; mais ce savant concluait, à notre grande surprise, qu'elles confirmaient complétement les vues de M. Élie de Beaumont [5]. En 1853, le même savant termina le compte rendu d'un travail présenté à l'Institut genevois par la phrase suivante : « Par suite de

[1] *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, 1854, IV, 2.
[2] *Actes de la Soc. helvétique des Sc. nat.* Sion, 1852, 81.
[3] *Bull. Soc. vaudoise*, IV, 251 et 1.
[4] *Soc. scient. de Berlin*, mars 1852; Archives, *Bibl. univ.* 1853, XXII. 397.
[5] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1852, X, 18.

« ces nouvelles recherches, il devient donc incontestable « que, dans nos Alpes, la flore houillère se trouve mêlée « à la faune liasique[1]. »

Lorsque **Alcide d'Orbigny** publia son cours élémentaire de géologie en 1852, il ne pouvait passer sous silence la question qui était si généralement à l'ordre du jour, et avec ce tact si sûr qui le dirigeait habituellement dans l'examen des grandes questions, il pensa que des faits aussi contradictoires que la présence simultanée des bélemnites et des végétaux houillers, à Petit-Cœur, « tenaient à quelque « interversion géologique locale des couches[2]. »

Telle était aussi l'opinion de **M. Albin Gras**[3], qui rangeait le terrain anthracifère dans l'étage carboniférien de d'Orbigny et qui ne pensait pas que ce terrain présente dans le département de l'Isère l'anomalie singulière qu'il offre en Savoie.

§ 720. Lorsque **M. Sismonda** publia sa *Classification des terrains stratifiés des Alpes*[4], en 1852, il ne connaissait pas les idées émises par L. de Buch, Escher, Lardy, Schlagintweit, d'Orbigny et Albin Gras; aussi le voyons-nous confirmer les vues qu'il avait énoncées précédemment. D'ailleurs, il en aurait eu connaissance, qu'elles n'auraient probablement rien changé à sa manière de voir, parce que M. Sismonda n'est pas un géologue qui forme ses opinions dans son cabinet; c'est sur place, le marteau à la main et par des voyages longs et périlleux comme le sont ceux des

[1] *Bull. de l'Institut genevois*, 1853, I, 22.

[2] *Cours élémentaire*, 1852, II, 369.

[3] Catalogue des corps organisés fossiles qui se rencontrent dans le département de l'Isère, *Bulletin de la Soc. de statistique, etc., de l'Isère*, 1852, II, 3.

[4] Classificazione dei terreni stratificati delle Alpi tra il Monte-Bianco e la contea di Nizza, *Acad. de Turin*, 2me série, XII (1852).

Alpes, qu'il arrive à ses convictions. M. Sismonda a donné, dans ce travail, une carte géologique qui comprend une partie de la Savoie et la chaîne des Alpes des bords du Lac Majeur à la vallée de la Stura. Les principales idées que l'auteur a développées dans le texte peuvent, il me semble, se résumer de la manière suivante :

1. Le terrain jurassique supérieur, qui équivaut aux trois étages, kimméridien, portlandien et corallien, est formé de calcaire cristallin ou compacte, et se trouve près du Mont-Ambin, au S.-O. du Mont-Cenis, au Mont-Tabor, etc.

2. Le terrain anthracifère supérieur, qui se rapporte à l'étage de l'oxfordien inférieur, est composé de grès variés, de calcaires schisteux, etc., et se trouve aux Ouches, près de Chamonix, à la Thuile, vallée d'Aoste, au Petit St-Bernard, à Aime, à St-Michel en Maurienne, etc.

3. Le terrain anthracifère inférieur (*partie supérieure*), qui est l'équivalent du lias supérieur, est formé de calcaire cristallin, de brèche calcaire, de poudingue quartzeux, de quartzite schisteux, etc., et se voit à Villette en Tarentaise, au col des Encombres, au col du Chardonnet, au Chapiu, au col du Bonhomme, à celui de la Seigne, à Courmayeur, etc.

4. Le terrain anthracifère inférieur (*partie inférieure*), lias inférieur, est composé de calcaire schisteux cristallin, de schiste rubané, etc., et s'observe dans les environs de Chamonix, à Petit-Cœur, au col de la Madeleine, et à St-Julien en Maurienne.

5. Le conglomérat infra-liasique[1], composé de poudingue contenant des débris de roches primitives, etc., se trouve à Trient, à Allevard, à Valorsine, à Ugine, à Flumet, aux Ouches, au Bonhomme, etc. Ce terrain repose, d'après

[1] L'étage infra-liasique à *Avicula contorta* n'était pas connu alors comme il l'est aujourd'hui.

M. Sismonda, sur des roches cristallines métamorphiques et sur le terrain primitif. C'est encore dans ce travail que M. Sismonda a publié une coupe du terrain compris entre St-Jean de Maurienne et Turin, dans laquelle il donne la forme d'un fond de bateau reposant sur le lias au terrain houiller de St-Michel, qu'il range dans l'oxford-clay.

Tout en reconnaissant le mérite des travaux du savant professeur de Turin, je n'ai pas compris cette classification, parce que je n'ai pas su trouver des roches portlandiennes ou coralliennes dans les environs du Mont-Cenis, pas plus que l'étage oxfordien dans les roches de Chamonix ou de la Maurienne que M. Sismonda avait en vue.

M. Studer résuma, dans sa *Géologie de la Suisse*, les nombreuses observations qu'il avait faites dans les Alpes. Cet ouvrage, publié en 1853, est rempli de documents intéressants, recueillis pendant de longues années avec beaucoup de savoir et de jugement. Quoiqu'on y remarque parfois une certaine incertitude sur la question du terrain anthracifère, il sera toujours d'une haute importance[1]. Ce fut aussi en 1853 que parut la **Carte géologique de la Suisse,** par MM. Studer et Escher de la Linth. Elle comprend une grande partie de la Savoie ; le terrain houiller y est représenté sur une étendue considérable et dans des localités où l'on a trouvé des bélemnites. Cette manière de voir ayant soulevé quelques objections, M. Studer voulut montrer qu'elle était motivée par la présence des fossiles, et donna les explications suivantes : « Les terrains marqués *j* (terrain « jurassique et calcaire indéterminé des Alpes centrales) et « *h'* (terrain à anthracite) sont les plus anciens des terrains « alpins qui, jusqu'ici, ont présenté des fossiles ; après vien-

[1] M. Laugel a résumé les parties de cet ouvrage relatives au terrain anthracifère. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 570.

« nent les schistes sans fossiles, en grande partie métamor-
« phiques, qui peuvent être de tout âge. Au nombre de ces
« schistes indéterminés se trouve le schiste gris *h* (schistes
« gris sur la carte géologique). Il y a des localités où des
« schistes analogues renferment des fougères; il y en a d'au-
« tres qui présentent des bélemnites; il y en a encore qui
« contiennent des fucoïdes...... La couleur uniforme *h* ne
« signifie donc pas que tous ces schistes sont contempo-
« rains, mais que jusqu'ici il n'a pas été possible de fixer
« une limite précise entre eux. M. d'Archiac (*Histoire de*
« *Géologie*, VII, 142) a présenté ma manière de voir avec
« toute la clarté désirable, etc.[1] »

Deux ans plus tard (1855), M. Studer, qui a fait faire de grands pas à la géologie de notre pays, publia de nouvelles observations, dans lesquelles il s'occupe moins de la classification que de la distribution géographique du terrain anthracifère situé entre l'Oisans et les Grisons. Cependant il confirme l'opinion qu'il avait avancée en 1851, en admettant la présence d'un pli à Petit-Cœur. En supposant même qu'on vînt à trouver des fossiles jurassiques à la base d'une formation renfermant des plantes houillères, « nous sommes, dit-il, trop habitués en Suisse à des ren-
« versements de tout un système de couches, pour ne pas
« être en garde contre des conclusions qui seraient en con-
« tradiction manifeste avec les résultats de la science ob-
« tenus dans des pays moins bouleversés que le nôtre[2]. »

La plupart des savants suisses croyaient à l'existence du terrain houiller dans les Alpes. C'est ainsi que M. [illegible] n'hésita pas, d'après les plantes qu'il avait recueillies

[1] *Archives*, 1861, XI, 5, note.

[2] Notice sur le terrain anthracifère des Alpes de la Suisse, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XIII, 146.

[3] *Bullet. Soc. vaudoise*, 1854, IV, 1.

dans le poudingue de Valorsine, à le classer dans le terrain carbonifère, et c'est à peu près vers ce temps que **M. Blanchet** détermina quelques végétaux fossiles de ce terrain, mais sans en tirer de conclusion [1].

§ 721. En France il n'en était pas de même. Nous retrouvons, en 1854, **M. Rozet** avec la même opinion que celle qu'il avait soutenue dix ans auparavant; il terminait ses notes sur les Alpes, en disant : « Il restera toujours, « néanmoins, cette grande anomalie paléontologique : les « plantes du terrain houiller dans le terrain jurassique, et « cela sur une étendue de plus de quarante lieues [2]. »

M. Sc. Gras vint encore augmenter le feu de la discussion par un grand mémoire [3]. Quoique je ne partage pas les idées de ce savant, je reconnais que ce travail est le résultat de longues investigations, faites avec une grande persévérance dans les montagnes, et quelles montagnes! Il a fallu une peine infinie pour réunir sur la région occupée par le terrain anthracifère tous les renseignements fournis par M. Gras. J'essaierai de résumer ce mémoire. L'auteur reconnait deux parties dans le terrain anthracifère : 1° le terrain anthracifère supérieur, qu'il divise en quatre étages, et 2° le terrain anthracifère inférieur, qui n'est pas subdivisé. Tous ces étages ont à peu près la forme d'un fond de bateau; ils sont posés les uns dans les autres, en sorte que chacun d'eux, sauf l'étage supérieur,

[1] *Bullet. Soc. vaudoise,* 1854, IV, 322.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1854, XXXIX, 473. — *Institut*, 1854, 317.

[3] Mém. sur le terrain anthracifère des Alpes, de la France et de la Savoie. *Ann. des Mines*, 1854, V, 473. Ce travail est plus développé que celui publié dans le *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 255 : Sur la constitution géologique du terrain anthracifère alpin, et les différences qui le séparent du terrain jurassique. Mais ces deux mémoires renferment à peu près les mêmes idées.

apparaît à l'est et à l'ouest de l'étage qui le recouvre. La coupe donnée par M. Gras s'étend de la Grave (Oisans) à Oulx (Piémont). C'est dans cette région que ces terrains sont le plus développés ; ils ont, d'après l'auteur, 8000 à 9000 mètres d'épaisseur. Tous ces étages sont uniformément composés de calcaire, de grès, de schiste argileux, etc. Ils renferment presque tous des végétaux identiques à ceux du terrain houiller et des bélemnites. Il n'est pas jusqu'à la partie inférieure du terrain anthracifère inférieur qui ne renferme des bélemnites, des *Ammonites Bucklandi*, *A. Kridion* et *A. Stellaris*, et c'est dans ce terrain qu'on a découvert les nummulites de Montricher, en Maurienne. Un coup d'œil jeté sur la carte géologique de M. Gras en dira plus qu'une longue description.

Après la communication de M. Gras à la Société géologique de France, **M. Barrande** fit quelques objections indiquant que les idées qui venaient d'être développées n'étaient pas généralement adoptées. En rendant compte de ce travail [1], j'avais cherché à faire ressortir ce qu'il y avait d'extraordinaire dans une distribution de fossiles si singulière, qu'elle ne se rencontre nulle part ailleurs. M. Lory s'est efforcé, plus tard, de rétablir l'ordre des terrains en donnant des coupes différentes de celles de M. Gras (voir § 724).

§ 722. **M. Murchison** modifia en 1854 sa première manière de voir, comme il l'indique dans deux notes de l'ouvrage publié sous le nom de *Siluria* [2]. Son opinion avait été influencée par la découverte de la formation houillère faite près de Volterra, en Toscane, par MM. Savi et Meneghini. « Ce fait était inconnu quand je publiai mon tra-

[1] *Archives*, 1855, XXX, 348.
[2] *Siluria*, 1854, 406-407.

« vail sur les Alpes et les Apennins, dit M. Murchison, « et il nous conduit à penser que les dépôts de charbon « associés avec des plantes terrestres dans les Alpes occi- « dentales, sont également de la période carbonifère. » « Aussi longtemps, ajoute le savant anglais, que la question « me semblait douteuse, il était de mon devoir d'établir, « d'après mon propre examen, que l'intercalation apparente « des plantes houillères de la Tarentaise dans les couches à « bélemnites, était si frappante, que M. Élie de Beaumont « était pleinement justifié dans ses premières conclusions. « Lorsque cet éminent géologue raisonnait sur ce mélange « apparent des plantes houillères et des bélemnites jurassi- « ques, les phénomènes des plis très-resserrés des couches « d'âge dissemblable et celui du renversement complet dans « l'ordre des couches, n'étaient pas suffisamment connus. » On ne saurait trop applaudir à la loyauté scientifique de Sir R. I. Murchison et à la manière dont cet esprit distingué, toujours occupé des grandes questions, nous fait connaître la marche qu'il a suivie pour sortir du sentier périlleux où il s'était d'abord engagé.

M. Sismonda voulut confirmer ses opinions en donnant de nouveaux détails sur la géologie de la Savoie[1] et en publiant la coupe du flanc nord de la Maurienne, de St-Jean de Maurienne, à St-Michel (Pl. XXV, fig. 3, § 663). Il la compare à celle du terrain anthracifère de Jano, en Toscane. Il observe qu'au col des Encombres, le terrain qu'il appelle anthracifère supérieur est au-dessus du verrucano, « qui, en définitive, dit-il, n'est autre chose que le con- « glomérat infra-liasique de Valorsine, d'Ugine, etc. ; » mais à Jano, ce même terrain est inférieur au verrucano.

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.* 1855, XL, 1193, et *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 631.

Ne peut-on pas trouver moyen d'expliquer cette différence par le renversement déjà signalé au col des Encombres, ou parce que le verrucano de Jano est l'équivalent du grès que j'ai appelé arkose, lequel présente une apparence uniforme sur un grand espace, comme j'ai pu m'en assurer dans les environs de Toulon [1]?

M. Sismonda classe dans le lias le terrain qu'il appelle « anthracifère inférieur, » et qui se voit entre St-Jean de Maurienne et St-Michel. Ce terrain, d'après l'auteur, est formé d'ardoise et de calcaire; il renferme des bélemnites, les fossiles liasiques du col des Encombres, des empreintes de fougère, des calcaires métamorphosés en gypse (ce sont, d'après nous, des gypses triasiques) et au col de la Madeleine quelques fossiles de la grande oolite. M. Sismonda rapporte à l'oxford-clay son système anthracifère supérieur qui s'étend à l'E. de St-Michel, et qui est formé de schistes rouges, de poudingues quartzeux, de grès psammitiques et de schistes argileux renfermant les végétaux fossiles du terrain houiller.

Ces détails sur la Maurienne semblent nous éloigner du champ où, jusqu'à présent, la discussion s'était renfermée; cependant, si nous avons beaucoup parlé de la Tarentaise, nous avons aussi parlé du Dauphiné. D'ailleurs, les guerres géologiques ont leur stratégie, comme les autres, et l'on verra que c'est en Maurienne que s'est livrée la bataille décisive. Il ne pouvait guère en être autrement, M. Élie de Beaumont ayant désigné les montagnes de cette province comme ayant une grande importance.

Ce savant qui, depuis 1828, n'avait pas pris part à la discussion, donna en 1855 plusieurs extraits de mémoires

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1864, XXI, 469.

déjà connus, relatifs au terrain anthracifère[1]. A sa demande, **M. Laugel** fit le résumé des travaux de M. Studer sur les Alpes de l'Oisans, et **M. Gaudry**, un extrait de l'ensemble des publications concernant le terrain anthracifère. Je lui ai emprunté quelques notes.

Les travaux que je viens d'indiquer sont complétés par un mémoire de M. Élie de Beaumont ayant pour titre : *Remarques au sujet de la carte*[2]. Cette carte montre la position des principaux gisements d'anthracite et l'étendue de la région anthracifère des Alpes, qui est évaluée à 900 000 hectares carrés, c'est-à-dire à environ trois fois la somme des surfaces de tous les terrains houillers de la France; mais il ne faut pas oublier que ce terrain a une constitution toute particulière aux yeux de M. Élie de Beaumont. Cette note se termine par la phrase suivante : « Or, il est certain que *la plupart* de ces gîtes (ceux d'an- « thracite) appartiennent avec leurs empreintes végétales « au terrain jurassique, et si l'on parvenait à prouver que « *quelques-uns* d'entre eux appartiennent, avec leurs em- « preintes végétales, à un terrain paléozoïque, on aurait « trouvé dans des gisements contigus et jusqu'à présent « confondus *la preuve la plus directe possible de l'insuffisance* « *des formules actuelles de la botanique fossile.* »

M. Élie de Beaumont a encore publié une lettre qui lui était adressée par **M. Sismonda**, dans laquelle, au milieu de quelques doutes sur certains points spéciaux, on voit que le savant piémontais trouve, dans des observations faites en Toscane, la preuve de l'exactitude de la classification qu'il a adoptée pour les terrains des Alpes. A cette occasion, **M. Élie de Beaumont**, fait remarquer que, « malgré la

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855. XII, 534 et *Archives*, 1856, XXXI, 178.
[2] Pl. XIV, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 670.

« présence des combustibles et des empreintes végétales « *analogues entre elles* qui les accompagnent, ces fossiles » (les *productus* et les *spirifer* trouvés à Jano, en Toscane) « d'origine marine conservent le caractère paléontologique « de l'époque à laquelle ils appartiennent, *paléozoïque* à « Jano, comme en Sardaigne, *jurassique* à Petit-Cœur, « comme dans les autres couches jurassiques des Alpes de « la Savoie, du Dauphiné, du Valais, etc. [1]. » Telle était encore, après vingt-cinq ans de discussion, l'opinion du secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, et cette opinion n'était pas faite pour calmer la lutte. Elle excita les géologues à faire de nouveaux efforts, pour arriver à la solution du grand problème qui leur était posé.

§ 723. **M. Sismonda** vint encore préciser son opinion, en rendant compte d'un voyage fait avec M. Fournet[2]. Il dit avoir reconnu le terrain anthracifère inférieur (lias), ainsi que le terrain anthracifère supérieur (oxford-clay), entre le Bourg St-Maurice et le Chapiu. Il ne nie pas la présence dans les Alpes d'un terrain plus ancien que le lias, mais il pense qu'on ne peut le reconnaître par suite du métamorphisme qu'il a subi.

Tout en travaillant à la carte topographique de la France, **M. Rozet** faisait des observations géologiques, et dans un de ses mémoires il a soutenu que les faits « ne permet- « tent plus aucun doute sur l'existence, entre les marnes du « lias et l'étage oolitique moyen, d'une bande arénacée de « puissance variable, fort irrégulièrement développée sur « une grande étendue, contenant des veines et des amas de « charbon, accompagnés de bélemnites, plus de nombreux « débris de végétaux des mêmes espèces que ceux du véri-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1855, XII, 329 et suiv.
[2] *Id.*, 1855, XIII, 65.

« table terrain houiller gisant au-dessous du trias[1]. » Cette classification n'est pas très-claire, et l'on voit à cette époque régner encore beaucoup de confusion dans l'ordre assigné aux terrains, parce qu'on n'avait séparé le terrain triasique ni du terrain liasique, ni du terrain houiller.

Enfin, parmi les nombreux travaux publiés dans cette année (1855), on trouve un mémoire de **M. de Mortillet**[2], dans lequel ce savant adopte l'avis de M. Studer et assimile le terrain anthracifère au terrain carboniférien. « Reste, « dit-il, l'anomalie de Petit-Cœur, où des plantes car- « bonifériennes se trouvent régulièrement superposées à « des animaux de l'époque du lias inférieur. Mais cette « anomalie se comprendrait en admettant, comme semble « l'établir l'observation, que l'époque triasique n'a point « existé en Savoie. L'époque carboniférienne se serait « alors maintenue dans le pays jusqu'à l'époque liasique, « et, à l'origine de cette dernière époque, il y aurait eu « accidentellement intercalation de plantes carboniférien- « nes au milieu des dépôts de la mer liasienne, cette mer « n'ayant englouti que successivement le sol couvert de ces « plantes. »

La coupe prise par M. de Mortillet est reproduite Pl. XXVII, fig. 7, § 740. Malgré toutes les discussions dont je viens de rendre compte, un juge impartial, **M. Hamilton**, président de la Société géologique de Londres, disait encore le 15 février 1856, en rendant compte des progrès de la géologie; que les autorités qui se sont occupées du terrain anthracifère sont assez grandes pour qu'il soit convenable

[1] Mém. sur la géologie des Alpes françaises, *Bull. Soc. géol. de France*, 1855, XII, 224. — *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1855, XL, 1360.

[2] Prodrome d'une géologie de la Savoie, *Mém. de l'Institut genevois*, 1855, t. III.

de le classer parmi les dépôts jurassiques plutôt que dans ceux de l'époque carbonifère [1].

Le travail de **M. de la Harpe** sur les environs de St-Gervais ne fournit pas de conclusions importantes. Ce savant croyait que l'anthracite avec empreintes végétales est supérieur au gypse, ce qui vient probablement de ce que l'anthracite de St-Gervais se trouve dans une position difficile à déterminer [2].

§ 724. En 1857, **M. Lory**, professeur à la Faculté de Grenoble, publia une *Esquisse de la carte géologique du Dauphiné* [3]. L'important ouvrage qu'il a fait paraître depuis lors lui a donné, à juste titre, une grande autorité dans les questions de la géologie alpine. Dès que ce savant s'occupa du terrain anthracifère, il se rangea parmi ceux qui croient à la présence du terrain houiller dans les Alpes, et il porta à ses adversaires des coups redoutables. Après avoir rappelé la description du bassin de la Mure, de **M. Roger** [4], il soutint la thèse en faveur de laquelle plusieurs géologues rompaient des lances depuis longtemps, et déclara que les grès à anthracite de cette localité ont tous les vrais caractères du terrain houiller; qu'ils sont indépendants soit des terrains de cristallisation sur lesquels ils reposent, soit du lias qui recouvre indifféremment le terrain houiller et les roches cristallines. M. Lory donna une coupe du Chardonnet différente de celle qui avait été figurée par M. Gras en 1854; il ne pense pas que les terrains soient régulièrement disposés en fond de bateau placés les uns dans les autres, mais il y

[1] *Anniversary Address*, 1856. — *Quarterly Journ. of the Geol. Soc. of London*, XII, LXVIII.

[2] *Bull. Soc. vaudoise*, 1857, t. V

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1857, XV, 10.

[4] *Ann. des Mines*, 5me série, VII.

reconnait de grandes dislocations. Les observations sont si difficiles à faire dans certaines localités des Alpes que, même à cette époque, M. Lory admettait la présence d'un puissant terrain renfermant des bélemnites au-dessous du grès à anthracite.

Cette réfutation des idées de M. Gras ne découragea point ce dernier, qui exposa une théorie paléontologique ayant pour but de démontrer que les mêmes fossiles, situés dans des régions distantes les unes des autres, peuvent ne pas être contemporains[1]. M. Gras résume son opinion dans la loi suivante : « Nées à des époques qui ont pu être rap-« prochées, les diverses faunes coquillères ont persisté dans « les lieux de leur naissance, jusqu'au moment de la diffu-« sion, qui n'est arrivé pour chacune d'elles que successi-« vement et au bout d'un temps plus ou moins long. Après « l'époque de sa diffusion, une faune ne s'est pas éteinte « en même temps sur tous les points où elle s'était établie. » Des théories de ce genre ont une utilité incontestable, pourvu qu'elles représentent bien l'état des choses; elles peuvent apporter des modifications importantes aux lois de la paléontologie, et des considérations de cet ordre ont abordé à diverses reprises l'esprit des géologues et des paléontologistes. Mais personne, à l'exception de M. Gras, n'a eu l'idée d'établir de pareilles lois en les appuyant sur la distribution des fossiles rares et mal connus des Alpes, et sur les terrains de cette chaîne dont l'ordre de superposition très-contesté était le sujet et le but de la discussion. Pour que des travaux de ce genre aient de l'importance, il faut qu'ils soient faits dans des localités où les fossiles soient abondants,

[1] Sur la réalité de l'association des plantes houillères aux coquilles liasiques dans les Alpes, et comment on peut l'expliquer, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1857, XIV, 564.

assez bien conservés pour que la détermination en soit facile, et qu'ils appartiennent à des terrains dont la disposition soit tellement évidente qu'elle ne puisse donner lieu à aucune discussion.

A l'époque où M. Gras publia son travail, il n'en était pas ainsi dans la région des Alpes qu'il avait en vue, et il admit comme base de sa théorie le point qui était en discussion : l'association des plantes houillères avec les fossiles du lias. Il soutint aussi qu'il n'y a pas de contournements multipliés dans les stratifications des Alpes; qu'on n'en voit aucun dans les grands escarpements si nombreux de cette chaîne, et que si les contournements existent, « ils sont invisibles pour tout le monde. » Je crois que les comptes rendus de la session de la Société géologique de France à St-Jean de Maurienne (1861) ont suffisamment miné cette base du travail de M. Gras, pour qu'il soit inutile de l'ébranler davantage.

§ 725. En 1857, **M. Sismonda** visita différentes localités de la Savoie, soit seul, soit avec M. Élie de Beaumont. Il publia ses observations dans des lettres[1] qui furent annotées par ce dernier. Si l'on tient compte des études géologiques qui ont été faites dans d'autres pays, des subdivisions de terrains reconnus ailleurs et des caractères paléontologiques des formations, on a de la peine à saisir certaines affirmations contenues dans ce travail. Je ne m'occuperai ici que de ce qui a trait au terrain anthracifère.

M. Sismonda rapporte les végétaux fossiles de Taninge à l'époque de la craie chloritée ou à celle du flysch. Or, depuis

[1] Lettres sur la constitution géologique de quelques parties de la Savoie, adressées par M. le professeur Sismonda à M. Élie de Beaumont, avec Notes de ce savant géologue, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1857, XLV, 612, 942 et 947.

que M. Studer a donné des explications sur ce nom singulier[1], il est réservé au terrain qui recouvre le calcaire nummulitique. Par conséquent, d'après le savant piémontais, les végétaux de Taninge, que différents botanistes ont reconnu pour être identiques à ceux du terrain houiller, auraient leur gisement dans la craie chloritée, ou dans la partie supérieure du terrain nummulitique. Cette classification n'est-elle pas surprenante? Il paraît que M. Sismonda a cherché à la mine de Pernant, commune d'Arache, les végétaux du terrain houiller. Il n'en a pas trouvé par la raison que cette mine est située dans le terrain nummulitique (§ 410).

A Thorens, entre Bonneville et Annecy, on a fait des recherches dans la mollasse tertiaire sur une veine de charbon fossile. Ici, M. Sismonda a trouvé des empreintes de fougères. « Ainsi, dit ce savant, la couche à fougères existe « à Thorens tout de même qu'à Taninge, tandis qu'elle « n'a pas encore été trouvée à Arache. » Or, M. le professeur Heer a examiné les végétaux fossiles de Thorens, et il a reconnu qu'ils appartiennent à des espèces du lignite de l'étage miocène inférieur (§ 254)[2].

M. Élie de Beaumont, dans les notes qu'il a ajoutées au travail de M. Sismonda, range les combustibles des Diablerets, d'Arache, d'Entrevernes, de Thorens, d'Arbon et de Taninge, dans le terrain nummulitique.

Il y a évidemment confusion; les trois premiers appartiennent, il est vrai, à ce terrain (§ 410, 385); mais le gîte de Thorens est dans la mollasse miocène (§ 254), celui d'Arbon dans le terrain jurassique supérieur (§ 336) et celui de Taninge dans le terrain houiller (§ 302).

[1] *Actes Soc. helvét. des sc. nat.* Soleure, 1848; *Archives*, 1849, XI, 58.

[2] Voyez aussi *Actes Soc. helvét. des sc. nat.* Berne, 1858, p. 44; *Archives*, 1858, III, 123.

M. Sismonda conclut par la phrase suivante que j'ai déjà citée. « En attendant, ce qui reste dès à présent démontré, « c'est que, dans les Alpes, les fougères houillères vi- « vaient encore pendant que la mer déposait les roches « de la partie moyenne du terrain nummulitique. » Ce savant termine son travail en donnant la liste des fossiles qu'il a découverts au col des Encombres, en soutenant qu'il n'y a aucun renversement de couches dans cette localité, et que les végétaux fossiles qui s'y rencontrent sont supérieurs au terrain liasique. Il invite les géologues à examiner ce col ; c'est ce que j'ai fait (§ 660).

§ 726. Mon étonnement fut grand à la lecture de ce travail, où il n'était tenu aucun compte des mémoires publiés antérieurement sur les localités qui y sont décrites, et où était abandonné un ordre de succession des couches admis par un grand nombre de géologues. Je publiai quelques **Observations relatives aux lettres de M. Sismonda**[1], qui furent reproduites en partie dans l'*Adresse anniversaire* du président de la Société géologique de Londres, M. le général Portlock[2]. Je cherchai, en m'appuyant sur mes propres travaux et sur ceux de mes devanciers, à réfuter la classification que MM. Sismonda et Élie de Beaumont avaient proposée pour les terrains de la Savoie. Ces observations ne furent point combattues, et elles se trouvèrent d'accord avec celles qui sortaient d'une plume ayant une bien plus grande autorité que la mienne. En effet, **M. le Vicomte d'Archiac**, membre de l'Institut, en publiant le septième volume de sa grande *Histoire des progrès de la géologie*, traita du terrain liasique, et formula son opinion

[1] *Archives*, 1858, I, 165.
[2] *Quart. Journ. of the Geol. Soc. of London*, 19 février 1858, XIV, CLI

avec précision dans diverses parties de ce beau travail[1]. Il s'exprima avec beaucoup de réserve, sur le même sujet, dans la séance de l'Académie des Sciences du 22 février 1858[2]. En définitive, le parti qui, dans la querelle relative au terrain anthracifère, soutenait que ce terrain n'est pas de l'âge du terrain liasique, fut renforcé de tout le poids de l'opinion de ce savant, aussi bon paléontologiste qu'habile et infatigable géologue. Je ne puis résumer ici le jugement porté par M. d'Archiac; il se base sur trop de faits et il est trop logiquement déduit pour que je veuille en donner un extrait; d'ailleurs, tous les savants doivent avoir à leur disposition l'ouvrage dans lequel il est imprimé.

Ce travail ne pouvait passer inaperçu. **M. Élie de Beaumont** répondit à M. d'Archiac, en rappelant ses travaux sur les Alpes, et en y ajoutant quelques considérations : « Aucune théorie, dit-il, ne prouve, en effet, et n'a pour « but de prouver que les plantes de la flore houillère, après « avoir existé depuis l'époque siluriennne jusqu'à la fin de « l'époque houillère, n'aient pu continuer *en partie* à exister « et à faire naître encore de petits gîtes de combustible « pendant la période jurassique; que quelques-unes même « de ces plantes n'aient pu continuer à végéter jusqu'à l'é« poque du terrain nummulitique. »

M. d'Archiac répliqua que ce n'était pas une théorie, mais des faits bien connus, qui avaient démontré que la flore du terrain houiller avait cessé de vivre à l'époque permienne : que tout le débat portait sur une seule observation[3], qui n'avait pas été contestée, il est vrai, mais qui pouvait présenter une apparence trompeuse, qu'aucune addition im-

[1] *Hist. des progrès de la géologie*, 1857, VII, 141 et 402.
[2] *Comptes rendus de l'Académie*, 1858, XLVI, 382 et suiv.
[3] Celle de Petit-Cœur.

portante n'avait été ajoutée à cette manière de voir depuis trente ans que durait la discussion, et que la grandeur des accidents produits dans des chaînes de montagnes telles que les Alpes, pouvait donner lieu à des erreurs dans les observations relatives à l'association des couches entre elles.

Après avoir soutenu son opinion devant l'Académie, **M. d'Archiac** eut encore à la défendre dans le sein de la Société géologique de France, contre **M. Sc. Gras**, qui attaqua ses conclusions. Ce dernier affirma qu'il avait donné une coupe exacte de la montagne du Chardonnet, et que celle-ci était composée de huit assises bien distinctes alternativement caractérisées par des fossiles du lias et par des plantes houillères ; il reproduisit les théories paléontologiques qu'il avait déjà exposées, et chercha à les rapprocher des observations de M. Barrande relatives *aux colonies*[1]. Mais **M. Triger** prit la parole pour expliquer que l'on pouvait voir des plissements là où M. Gras ne voyait que de simples alternances de couches.

§ 727. **M. Gras**[2] répondit aux observations de M. Lory, en s'appuyant encore sur la coupe du Chardonnet, et il ajouta que le terrain anthracifère n'est pas un terrain comme un autre et qu'on doit y chercher les véritables lois de la paléontologie. M. Gras a été seul à soutenir cette thèse : car, en général, l'ambition des autres géologues qui se sont occupés des Alpes s'est bornée, pendant longtemps, à s'efforcer de constater dans ces montagnes la présence des terrains connus dans d'autres régions, et ils n'avaient pas l'espoir de faire dans les formations anciennes de cette chaîne de nouvelles conquêtes paléonto-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1858, XV, 426.
[2] Note sur la constitution géologique du Briançonnais, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1858, XVI, 21.

logiques. M. Gras niait que les plissements pussent intervertir l'ordre de superposition des terrains, et cherchait à arranger la distribution connue des êtres organisés pour la mettre d'accord avec la disposition des terrains qu'il avait cru observer. Une nouvelle réponse de **M. Lory** ne se fit pas attendre longtemps[1]; elle parut à la suite du travail de M. Gras. M. Lory attaqua l'exactitude de la coupe du Chardonnet présentée par ce dernier, et précisa ses propres observations qui furent confirmées par M. Triger.

Dans un intéressant mémoire sur les vallées bergamasques et sur les environs du lac de Côme et du lac Majeur, **M. Pareto**[2] démontra la présence du terrain triasique et du terrain permien là où, pendant longtemps, on n'avait su voir que du terrain jurassique. Ce travail a contribué à faire prévaloir la vraie classification des terrains des Alpes et à annuler celle qui était basée sur des faits trop locaux. Il est juste de rappeler ici que les travaux de **MM. Mérian et Escher de la Linth** sur le Voralberg, sur le revers méridional des Alpes et sur la Lombardie[3], avaient fourni de précieuses données sur la question de la présence du trias dans les Alpes.

En 1858, **M. de Mortillet**[4] rapporta le terrain anthracifère au terrain carbonifère. Sous l'impression des idées qui commençaient à prévaloir, il négligea les faits locaux et se prononça contre les conséquences déduites de l'inspection des couches de Petit-Cœur; mais il rangea dans le lias les couches salifères de la Tarentaise, en disant : « Un pro-

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1858, XVI, 27.

[2] *Id.*, 87.

[3] Escher de la Linth, Geologische Bemerk. über das N. Vorarlberg, etc., *Mém. Soc. helvét. des sc. nat.*, XIII, 1853.

[4] *Minér. et géol. de la Savoie*, 1858, § 165.

« duit bien important qui sort du lias est le sel de Salins[1]. »

En résumé, dans la période de cette histoire qui se termine en 1858, on remarque plusieurs travaux très-exacts qui conserveront longtemps un rang important dans la science: mais il n'y a pas eu d'observations assez marquantes pour résoudre le problème de l'âge du terrain anthracifère, et quoique à cette époque on pût déjà prévoir celle des deux opinions qui recevrait des renforts sur le champ de bataille et finirait par remporter la victoire, les forces des deux partis étaient presque égales.

III. De 1858 à 1860.

§ 728. La discussion relative au terrain houiller devait être éclairée de la démonstration de la présence du terrain triasique et, plus tard, de celle du terrain nummulitique. Dès que la première de ces deux formations eut été reconnue, on vit clairement que, dans les Alpes comme partout ailleurs, un large intervalle avait séparé l'époque de la formation houillère de celle du terrain jurassique.

En 1850, avons-nous dit, M. Fournet affirmait déjà que les roches triasiques s'observent sur divers points des Alpes; mais il ne l'avait pas démontré, et il y a une grande différence, en histoire naturelle, entre une affirmation et une démonstration. Je crois qu'on peut placer également au rang des affirmations l'opinion, du reste très-juste, de **M. Mérian** et de **M. de Rouville**, au sujet du gypse des Alpes. L'un et l'autre pensent que cette roche se rencontre plus ordinairement dans le terrain du keuper que dans celui du lias[2].

[1] *Min. et géol. de la Savoie*, 1858, § 185.

[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVI, 1131. Réunion extraordinaire à

Qu'il me soit permis de m'arrêter quelques moments sur le mémoire que j'ai lu à la **Société helvétique des sciences naturelles**, réunie à Berne en août 1858, et que je publiai en 1859 [1]. Il n'est pas aisé de parler de soi; et si l'on m'accuse d'attacher trop d'importance à ce travail et de croire qu'il a eu de l'influence sur le rétablissement de l'ordre qui a succédé au chaos alpin, j'accepterai le reproche de partialité, laissant à chacun le soin de juger jusqu'à quel point il est fondé. Dès que je me suis adonné à la géologie, j'ai eu l'ardent désir de vaincre la résistance que les Alpes opposaient aux lois de la science reconnues dans d'autres pays [2]. Je crois avoir en partie réussi, si j'en juge par les paroles bienveillantes insérées dans le *Bulletin de la Société géologique de France* [3]. Plus de deux ans après la publication de mon mémoire, M. Hébert, professeur à la Sorbonne, a formulé une appréciation de ce travail qui a d'autant plus de valeur, que ce savant distingué a vu les choses par lui-même dans les montagnes de la Savoie, et ne s'est pas cru lié par les travaux de Brochant de Villiers.

On admettait que les cargneules et les gypses étaient intercalés à divers niveaux géologiques dans la série des terrains jurassiques. J'ai cherché à démontrer qu'ils appartiennent au trias [4], et M. Hébert s'est exprimé de la manière suivante: « D'autre part, dit-il, M. Favre a

Lyon (le compte rendu n'en a paru que tardivement), et *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1862, XIX, 684.

[1] Mémoire sur les terrains liasique et keupérien de la Savoie, *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, 1859, XV.

[2] Seconde leçon d'un cours de géologie, 1844 (autographiée).

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVI, 561, 610, 818, et XVII, 181; et Revue de géologie pour 1861, par MM. Delesse et Laugel. Paris, 1862, p. 262. Extrait des *Ann. des Mines*, 1862, t. II.

[4] A l'exception de quelques petits amas de gypse dans le terrain tertiaire.

« prouvé que les gypses et cargneules de la Savoie sont « inférieurs aux couches à *Avicula contorta*, placées dans ce « pays comme ailleurs à la base de la série liasique. » Plus loin, il ajoute : « Et les conclusions du travail de M. Favre, « qui paraissaient alors si hardies, même aux géologues qui « se sont le plus heureusement occupés de la géologie des « Alpes, se trouvent confirmées [1].

En effet, l'étude de la zone à *Avicula contorta* en Savoie a eu d'importantes conséquences. Elle a fait reconnaître que les couches de cargneule et de gypse sur lesquelles elle repose sont triasiques. J'avais fait une exception en faveur des gypses du Bouchet, non loin de Thônes : je ne les croyais pas triasiques ; mais en voyant qu'ils font partie de ce dernier terrain, je me suis consolé de cette erreur en songeant que leur gisement confirme la loi que j'ai indiquée (§ 391).

Mon mémoire faisait connaître la composition du terrain triasique, principalement en Savoie et dans quelques parties de la Suisse et du département de l'Isère. Il contenait la coupe de Petit-Cœur (Pl. XXVII, fig. 9), que j'expliquais plus facilement par un plissement semblable à celui de la fig. 10, depuis que j'avais observé une roche triasique (*ca*) située entre le terrain houiller et le terrain jurassique (§ 633). Ce travail montrait l'existence d'un renversement au col des Encombres et la position du terrain houiller au-dessous du terrain liasique. Il faisait connaître la présence et la position du terrain triasique, au moyen de coupes dans lesquelles le lias était distingué du trias, et par conséquent du terrain houiller. Cette démonstration ne pouvait convenir aux géologues qui, depuis plusieurs années, confondaient le terrain

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XIX, 101 et suiv.

anthracifère avec le lias; aussi M. Gras protesta-t-il contre les idées émises dans ce mémoire[1].

§ 729. **M. Lory**, qui, à partir de cette année (1859), publia successivement plusieurs mémoires, n'adopta pas entièrement ma manière de voir. Dans sa *Note sur une carte géologique du Dauphiné et sur quelques points de la géologie de cette province*[2], il témoigne encore quelque hésitation sur la classification d'une partie du terrain anthracifère; mais il a l'espoir de pouvoir bientôt lever les doutes qui y sont relatifs. Quant au terrain triasique, il est porté à en reconnaître la présence dans quelques localités. Il trouve « que « le mémoire de **M. Favre** ouvre, sur ce point, un ho- « rizon nouveau aux recherches de la stratigraphie al- « pine. » Mais il lui semble que M. Favre va « bien loin « dans l'extension qu'il donne au classement des gypses et « des cargneules des Alpes dans l'étage du keuper. » Une portion de ces roches lui paraissent appartenir au lias. J'ai toujours été persuadé que, sur ces divers points, M. Lory arriverait à ne plus combattre mon mémoire, et je crois que le temps m'a donné raison.

Les observations qui, si je ne me trompe, ont fait entrer la conviction dans l'esprit de ce savant distingué furent celles relatives aux couches de gypse de Vizille, qu'il avait classées pendant longtemps dans le lias et au-dessus desquelles il découvrit l'*Avicula contorta* (§ 736).

Le même savant a fait quelques objections sur la coupe que j'avais prise à Petit-Cœur[3]. Il pense que, dans cette

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVI, 561.

[2] *Id.*, 617.

[3] Note sur l'anomalie stratigraphique de Petit-Cœur, en Tarentaise, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, XVI, 825. S'il y a dans quelques passages de cette histoire des répétitions avec ce qui a été dit dans les chapitres du Grand-Mont et de la Maurienne, c'est afin que les uns et les autres présentent un tout complet.

localité, on voit un lambeau de terrain liasique enfermé dans le terrain anthracifère et non pas un lambeau de terrain anthracifère compris dans l'étage du lias. Il donne la coupe de la Pl. XXVII, fig. 11, et pour réunir les couches du même âge, il trace une voûte renversée ou un fond de bateau, tandis que j'avais tracé un pli dont la convexité est tournée en haut. Je reconnais, comme je l'ai dit (§ 635), qu'il n'y a pas à Petit-Cœur de faits qui militent pour la théorie que j'ai proposée plutôt que pour celle de M. Lory. Du reste, « je suis très-disposé, dit M. Lory, par l'en« semble de mes études stratigraphiques, à adhérer au « principe de l'explication dont il s'agit, c'est-à-dire à pen« ser que les couches en litige, à Petit-Cœur, sont en « partie repliées et renversées sur elles-mêmes. »

Voilà le fait important, et une fois qu'on admet pour Petit-Cœur l'hypothèse des plissements, proposée en premier lieu par M. Voltz, je n'insiste pas pour faire prévaloir une forme de pli plutôt qu'une autre.

Dès ce moment, tout le monde, y compris M. Gras, est d'accord pour ne pas faire dépendre de l'examen d'une seule localité, les relations contestées des terrains. Petit-Cœur est abandonné, et le champ de la discussion est transporté en Maurienne. Cette évolution est d'autant plus naturelle, que la lutte terminée en Tarentaise devait se poursuivre sur le terrain où se retiraient les géologues qui soutenaient l'absence de la formation houillère dans les Alpes. Ils y étaient entraînés, parce qu'en 1859 M. Élie de Beaumont, en parlant des montagnes voisines du col des Berches, avait dit : « Or, comme je l'ai indiqué depuis longtemps et à « plusieurs reprises, c'est la clef de la géologie des mon« tagnes du haut Dauphiné et de la Maurienne[1]. »

[1] *Comptes rendus*, 1859, XLIX, 188.

§ 730. Un mémoire de **M. Sismonda** fut le signal de cette évolution. Le savant piémontais décrivit les environs du fort de l'Esseillon[1]. D'après lui, les calcaires qui supportent la forteresse ont échappé à l'action des agents métamorphisants auxquels les gypses, qui en sont voisins, doivent leur origine (§ 666). Il croit que les masses de calcaire et de gypse des montagnes situées entre Modane et Termignon, sont de l'âge de celles qui se trouvent à l'ouest de St-Michel, quoique ces deux massifs soient séparés par des grès et des conglomérats avec anthracite, et il pense que toutes les roches entre St-Jean de Maurienne et le Mont-Cenis forment une voûte renversée ou un fond de bateau. Si cette structure existait d'une manière régulière, les grès anthracifères que nous avons reconnus pour être du terrain houiller (§ 665) reposeraient sur le terrain triasique, et celui-ci sur le terrain liasique.

J'avais visité le col des Encombres après que M. Sismonda eut adressé une invitation aux géologues pour les engager à s'y rendre; **M. Lory** revit aussi la coupe des Aiguilles d'Arve, après que M. Élie de Beaumont lui eut fait une invitation du même genre. Des courses dans cette région lui permirent de donner une section fort curieuse des montagnes situées en Maurienne, sur la rive gauche de l'Arc[2]. Les détails qui suivent sont précis, quoique les terrains ne soient pas encore désignés avec l'exactitude à laquelle ce savant est arrivé plus tard. En effet, M. Lory dit : « Je crois « que, parmi les grès du Briançonnais et de la Maurienne « classés par MM. Élie de Beaumont et Sismonda exclu-

[1] Note sur le calcaire fossilifère du fort de l'Esseillon, près Modane en Maurienne, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1859, XLIX, 410.

[2] Note sur le grès de la Maurienne et du Briançonnais. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVII, 21.

« sivement dans le terrain jurassique et par d'autres exclu-
« sivement dans le terrain houiller, et désignés sur ma
« carte géologique par la teinte commune Q, il y aura
« lieu de distinguer plusieurs formations très-différentes. »

Peu après, dans son grand et bel ouvrage (*Description géologique du Dauphiné*, 1860, 1re partie, p. 71), le même savant reconnut franchement la présence du terrain houiller. « Rien ne s'oppose, suivant nous, dit-il, à ce que l'on
« considère les grès à anthracite de l'Isère, désignés par la
« teinte *h* (sur la carte), comme appartenant au terrain
« houiller et déposés sur les terrains cristallisés des Alpes,
« comme le terrain houiller des environs de Vienne, de
« Rive-de-Gier, etc., sur les gneiss et autres roches cristal-
« lines du plateau central. Nous posons ce principe, comme
« résultant clairement, à nos yeux, de l'ensemble des faits
« connus, et des détails que nous citerons plus loin en se-
« ront autant de preuves. » Ce savant assure également que les terrains des Alpes présentent des plis considérables. Il l'avait admis pour la localité de Petit-Cœur; il l'admet encore pour les grès à anthracite de l'Oisans [1] et de plusieurs autres localités, dont les couches ont la forme d'un U.

En résumé, nous voyons qu'en 1860 l'idée des plissements des couches est accréditée, et qu'on en a fait l'application à la coupe de Petit-Cœur, avec assez de succès pour que la discussion ne porte plus sur cette localité. Quelques géologues résistent encore à l'idée de classer les gypses dans le terrain triasique, et le grès anthracifère dans le terrain houiller, mais cette résistance est faible.

[1] *Description géologique du Dauphiné*, 1860–61, p. 87. Ces grès sont ceux dont je m'étais occupé en 1841 (§ 712).

IV. De 1860 à 1863.

§ 731. En 1860, **M. Lory**[1], annonça une découverte faite par **M. Pillet**, de Chambéry, découverte de la plus haute importance pour la géologie des Alpes et pour la détermination de l'âge du terrain anthracifère. M. Pillet avait trouvé des nummulites au-dessous de Montricher, près de St-Julien en Maurienne : alors commença une phase nouvelle de la discussion dont je rends compte. Qui aurait jamais pensé que les nummulites joueraient un grand rôle dans l'histoire du terrain houiller des Alpes? C'est ainsi que dans les sciences la lumière arrive souvent du côté où on l'attend le moins. Comment des nummulites tertiaires peuvent-elles contribuer à démontrer l'âge du terrain houiller? Elles jouent ce rôle : 1° Parce que les roches dans lesquelles elles ont été recueillies avaient été classées par M. Gras dans le terrain anthracifère[2]; leur présence renversait donc la classification admise par ce savant. 2° Les nummulites de Montricher, comme l'a fait remarquer M. Lory, étaient un nouveau point de repère pour une classification normale des terrains de la Maurienne, et dès ce moment l'on pouvait reconnaître dans cette région : le terrain houiller avec ses végétaux fossiles; le terrain liasique, avec les débris d'êtres organisés qui le caractérisent; enfin, à une certaine distance au-dessus, le terrain nummulitique. Si, à cette époque, M. Lory avait classé, comme je l'avais indiqué, les gypses et les car-

[1] Nouveaux documents sur les grès de la Maurienne et des Hautes-Alpes, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XVII, 177.

[2] Carte, *Ann. des Mines*, 1854, V, Pl. XII, et *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 2me sér., XII, Pl VIII.

gneules du col des Encombres dans le terrain triasique, il aurait eu un quatrième point de repère important, situé là où il devait être, pour montrer que la série des terrains était plus complète qu'on ne l'avait pensé. C'est ce que, plus tard, je cherchai à prouver.

« Je ne vois rien, dit M. Lory[1], qui s'oppose à ce que « l'on considère ces *grès à anthracite* comme appartenant « au *terrain houiller*, et j'adopte entièrement l'opinion ex- « primée par M. Favre pour les terrains du col des Encom- « bres, prolongements de ceux-ci....... Les *quartzites* et les « poudingues bigarrés qui les accompagnent, toujours pla- « cés entre les *grès houillers* et les calcaires à fossiles du « *lias*, ne paraissent constituer, dans le Briançonnais et « dans la Maurienne, un horizon unique et facile à recon- « naître ; mais les données paléontologiques manquent jus- « qu'ici pour confirmer le classement de ces roches dans le « *trias* d'après M. Favre (p. 187). »

M. Lory dit aussi (p. 186) : « Je crois pouvoir déclarer « qu'à mes yeux, dans les Hautes-Alpes et dans la partie « de la Maurienne qui m'est connue, rien ne s'oppose plus « à la classification des divers terrains d'après les lois gé- « nérales de la paléontologie...... Je n'hésite donc plus à « rapporter au *terrain houiller* tous les vrais grès à anthra- « cite, à flore houillère, des Hautes-Alpes aussi bien que « de l'Isère. »

Ce fut avec une vive satisfaction que je lus l'expression si nettement formulée de l'opinion du savant professeur de Grenoble sur l'âge du terrain anthracifère. M. Lory ajoutait : « Les nummulites trouvées par M. Pillet dans ces « grès (ceux de Montricher), qu'on appelait à tort *anthraci-*

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XVII, 177.

« *fères*, et qui paraissent si évidemment intercalés dans le « lias, sont une preuve nouvelle et des plus convaincantes « des illusions sans nombre auxquelles peut donner lieu l'é- « tude purement stratigraphique des Alpes. »

Peu de temps après, ce même savant revient sur la découverte des nummulites[1]. Leur position lui fait penser que les terrains de cette partie de la Maurienne sont repliés et refermés sur eux-mêmes. Il reconnaît que le terrain nummulitique, le lias contenant des gypses à la partie inférieure et le terrain houiller se présentent dans l'ordre de superposition anormale ou renversée. « Cette explication, dit-il, « fait disparaître toutes les oppositions apparentes aux lois « de la succession des fossiles; elle rend compte de la po- « sition des *plantes houillères* par rapport aux *fossiles du* « *lias*, en même temps que de la position de ceux-ci par « rapport aux nummulites. » Nous ne suivrons pas M. Lory dans ses considérations sur les illusions stratigraphiques que l'on peut avoir en observant les Alpes; mais nous ferons remarquer avec lui que le nombre de ces illusions va en diminuant, à mesure que l'on découvre de nouveaux gisements de fossiles.

§ 732. M. Sc. Gras était rarement d'accord avec les autres observateurs dans la manière de comprendre la disposition des terrains et la distribution des fossiles. En effet, en 1862, il admettait « que le néocomien inférieur s'est « déposé pendant qu'ailleurs se déposait le terrain juras- « sique supérieur[2]. » Cette assertion amena M. Hébert à constater que ce savant « professe des doctrines différentes

[1] Nouveaux détails sur un gisement de nummulites en Maurienne, et considérations sur l'usage des caractères stratigraphiques dans les Alpes, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XVII, 481.

[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1862, XIX, 559.

ont partout ailleurs. Je me rangeai à l'avis de plusieurs savants qui avaient soutenu que cette région est celle dans laquelle devait se décider la question de l'âge du terrain anthracifère, et je montrai le surprenant accord qui existe entre la coupe de M. Lory, celle de M. Pillet et la mienne au sujet des singuliers plis des couches de la Maurienne. Cependant M. Vallet devait découvrir que ces plis, déjà si étonnants, étaient bien plus compliqués que nous ne les avions figurés. Je terminai ma notice en donnant les noms des espèces de nummulites que M. d'Archiac avait bien voulu déterminer dans les échantillons que je lui avais adressés (§ 664).

A la publication de ces notices il fallait une réponse : autrement la discussion cessait, et le dernier mot restait aux partisans de la présence du terrain houiller. M. Sismonda se chargea de la réplique[1]. Il scruta de nouveau le sol de la Maurienne, et déclara : 1° que les roches comprises entre le Mont-Cenis et St-Julien ont la forme d'un fond de bateau ; 2° que les fossiles orbiculaires du calcaire situé au-dessous de Montricher sont bien des nummulites, et sur ce point il était d'accord avec tous les géologues et les paléontologistes qui les ont examinés, à l'exception de M. Élie de Beaumont. Mais la découverte de ces fossiles ne modifia nullement les idées du savant piémontais, et il soutint que « dans les Alpes, des coquilles liasiques vivaient en même « temps que les plantes houillères. »

§ 734. Pour arriver à une conclusion, et frapper un grand coup dans cette lutte qui menaçait de se prolonger longtemps encore, quoique le nombre des géologues rangés sous le drapeau du terrain houiller fût devenu plus considérable

[1] Observations faites dans une excursion récente en Maurienne. *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1861, LIII, 113.

que celui du parti opposé, on eut l'idée de convoquer à St-Jean de Maurienne la session extraordinaire de la **Société géologique de France pour 1861**. Quelques géologues se rendirent à cette réunion après avoir pris part à celle de la **Société helvétique des sciences naturelles**, qui avait eu lieu à Lausanne peu auparavant. On y avait entendu **M. Heer** qui, rendant compte de l'examen des plantes fossiles d'Erbignon (§ 485), les classait dans le terrain houiller. « Elles confirment, disait-il, un résultat « déjà acquis, savoir : que la flore de ce terrain est celle du « terrain carbonifère, et ne renferme aucune plante du lias « ou du trias[1]. » On se rappelle que c'est au milieu de ces plantes que se trouvent les traces les plus anciennes des animaux en Suisse.

M. Heer a retrouvé parmi les plantes d'Erbignon des types semblables à ceux que M. Lesquereux, dans son mémoire sur la flore carbonifère de ce continent, signale comme étant propres à l'Amérique. Ce sont des *Cyclopteris* à feuilles ciliées ou frangées et le *Neuropteris microphylla*. M. Heer dit encore que l'une des espèces d'Erbignon, la seule plante fossile du terrain anthracifère des Alpes qui eût été considérée comme jurassique, le *Pecopteris Whitbiensis*, de la Stangenalpe, a perdu ce prétendu caractère à la suite d'un travail de M. Unger, qui l'a rapportée au *Pecopteris Beaumontii*, Brong., espèce du terrain houiller.

En se rendant à St-Jean de Maurienne, on ne pouvait savoir comment seraient représentés les deux partis qui discutaient la présence du terrain houiller dans les Alpes, et l'on n'osait espérer que les observations qui seraient faites par les membres de la Société géologique fussent

[1] Soc. helvét. des Sc. nat. Lausanne, *Actes*, 1861. — *Archives*, 1861, XII. 59.

décisives car les réunions de ce genre, quoique instructives, ne réussissent pas toujours à trancher les questions difficiles. **M. de Mortillet**, dans un petit travail publié avant la réunion, rangeait, sans hésitation, le grès à anthracite de St-Michel dans le terrain houiller[1]. Les localités de la Maurienne qui devaient être examinées par la Société avaient été parcourues à l'avance par MM. Pillet et Vallet, et si le premier de ces deux savants eut le bonheur de découvrir le gisement des nummulites dont nous avons parlé, le second ne fut pas moins heureux en trouvant l'*Avicula contorta* dans quelques points capitaux de la région qui devait être visitée. La découverte de ce fossile confirmait l'idée que les gypses qui sont inférieurs à l'infra-lias appartiennent au terrain triasique.

Cette réunion de la Société géologique fut favorisée d'un temps superbe ; elle fut animée, gaie, charmante et eut une grande portée scientifique. Environ soixante personnes en firent partie, et chose curieuse autant que significative, les savants qui ne reconnaissaient pas dans les Alpes la présence du terrain houiller et celle du terrain triasique n'y prirent aucune part. On pouvait distinguer dans cette nombreuse société les hommes qui, familiarisés avec l'étude des Alpes, avaient le droit d'avoir une opinion arrêtée, et ceux qui, n'ayant pas encore étudié ces grandes montagnes, arrivaient sans idées préconçues et désireux de trouver une solution aux problèmes qui leur étaient soumis. Il était intéressant de suivre la marche de leurs idées, à mesure que se développaient devant eux les faits nombreux et variés qui furent examinés pendant huit ou dix jours de courses. Les observations portèrent la conviction dans tous les es-

[1] *Revue savoisienne*, août 1861.

prits, on s'accorda à rapporter le terrain anthracifère au terrain houiller, les gypses au terrain triasique et à ne pas croire à la présence de terrains exceptionnels dans les Alpes. On reconnut l'exactitude des six points suivants :

1° Le terrain nummulitique de Montricher occupe la partie supérieure des formations sédimentaires de la Maurienne.

2° Au-dessous de ce terrain se trouve une formation de schistes argileux et de calcaires, d'une grande épaisseur, à la base de laquelle il y a des fossiles du terrain liasique.

3° Plus bas se montre l'étage de l'infra-lias avec ses fossiles.

4° Plus bas encore, on observe le terrain triasique contenant des argiles rouges, des cargneules, des dolomies, des calciphyres, des anhydrites, des gypses, le calcaire de l'Esseillon, des grès et des quartzites.

5° Ce terrain repose sur le terrain houiller.

6° Près de Modane, celui-ci s'appuie sur des schistes cristallins très-feldspathiques.

Telle est la série des terrains reconnue par la Société géologique de France en Maurienne ; l'ordre en est normal; mais la régularité en est altérée, en apparence, par les contournements, les plis et les renversements des couches. J'en ai déjà parlé dans la partie descriptive de cet ouvrage (§ 664); je les ai figurés dans la Pl. XXV, fig. 1 et 4, et l'on peut consulter sur cette structure singulière les deux comptes rendus de la réunion qui ont été rédigés, l'un par M. Lory [1] et l'autre par moi [2]. Dans ce travail, après avoir abordé les questions à l'ordre du jour, je cherchai aussi à

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XIII, 693 (publié en 1862).
[2] *Archives*, 1861, XII, 154.

montrer que les Alpes ont été jadis plus élevées que maintenant (§ 659).

§ 735. En présence des contournements énormes et multipliés des couches de la Maurienne, il est assez curieux de lire ce que M. Sc. Gras écrivait en 1860[1]: « Pour qu'un plissement puisse être invoqué comme explication, dit ce savant, il faut qu'il ait lieu en grand et qu'il « soit à angle aigu. Il faut concevoir un système de deux « assises régulièrement superposées, ayant éprouvé dans « son ensemble un ou plusieurs contournements très-étroits, « dont les branches sont devenues exactement parallèles « par la compression. Il peut résulter, en effet, d'un pareil « accident stratigraphique une intercalation anormale. « Mais comme des plissements aussi gigantesques et aussi « extraordinaires ne manqueraient pas de frapper les yeux, « et que cependant on n'en aperçoit aucune trace, les mêmes géologues qui les ont imaginés, supposent aussi que « leur extrémité inférieure est restée cachée dans le sein « de la terre ou bien que leur extrémité supérieure a « été enlevée par une dénudation, ou même, lorsqu'il s'agit « d'alternances répétées, que ces deux cas se sont réalisés. « Si l'on n'avait à expliquer qu'une seule anomalie, on comprend qu'à la rigueur une pareille hypothèse pourrait être « soutenue. Mais il n'en est pas ainsi : les intercalations « et les alternances en opposition avec les lois paléontologiques s'observent dans une foule de lieux, même sans « sortir du terrain anthracifère. Or, nous le demandons, « est-il raisonnable, dans un pays comme les Alpes, où l'on « voit à chaque pas des coupes naturelles de plusieurs centaines de mètres de hauteur, de multiplier des contourne-

[1] *Ann. des Mines*, 1860, XVIII, 21.

« ments parfaitement invisibles parce que leur inflexion « inférieure est enfoncée dans le sein de la terre où per- « sonne ne peut vérifier son existence et que leur inflexion « supérieure a été si bien détruite par les érosions qu'il « n'en reste pas la moindre trace? Une pareille doctrine, « nous ne craignons pas de le dire, est extrêmement fâ- « cheuse; elle tend à faire descendre la géologie du rang « de science positive, pour la ramener à ce qu'elle était au- « trefois, un assemblage de suppositions chimériques. » Et en note M. Gras ajoutait: « La liaison mutuelle intime des « couches et leur défaut de symétrie, lorsqu'on les examine « dans tous leurs détails sont aussi des raisons pour ne pas « admettre les plissements supposés, mais les auteurs de « ces hypothèses n'y regardent pas de si près. »

En résumé, **M. Gras** ne peut voir des contournements dans les terrains alpins, et il y découvre des faits en opposition avec les lois reconnues de la paléontologie; tandis que d'autres géologues observent la présence de ces contournements, les dessinent d'après nature, et ne peuvent reconnaître les anomalies paléontologiques dont on leur parle. **M. Lory**, par exemple, adopte l'idée du renversement des couches au col des Encombres, et admet que les grès à anthracite « ne sont donc point réellement superposés à des couches « jurassiques. »

A l'une des séances de la session de St-Jean de Maurienne, M. l'ingénieur **Baudinot** s'est exprimé de la manière suivante: « Un des résultats les plus marquants de la « présente réunion sera, je crois, la constatation de l'iden- « tité du terrain anthracifère de la Maurienne et du Brian- « çonnais avec le terrain houiller normal. Ce résultat, une « fois acquis, est de nature à nous réjouir tous, parce qu'il « fait cesser une anomalie choquante et qu'il rétablit l'har-

« monie dans les grandes lois de la succession des êtres. » Plus loin, il dit encore : « Quoique, par cette classifica- « tion nouvelle, la valeur industrielle du terrain houiller « n'en soit point accrue, cependant, en vue des travaux des « mines ultérieurs, il n'est point indifférent de savoir défi- « nitivement, si les grès à anthracite sont supérieurs aux « masses calcaires qui les avoisinent, ou s'ils s'enfoncent « partout au-dessous d'elles [1]. »

M. Studer, président de la Société géologique pendant la session extraordinaire avait peu auparavant formulé une loi curieuse sur les couches en forme de C (§ 445), et avait insisté sur l'idée qu'en découvrant des contournements dans les couches, on résoudrait les difficultés paléontologiques qui font des Alpes une région différente des autres pays[2]. Il résuma les observations faites pendant les courses de la Société, en disant qu'elles « paraissent devoir mettre « fin à la discussion engagée depuis si longtemps sur l'âge « des grès anthracifères des Alpes, » et en ajoutant qu'on ne sait sur quels arguments peuvent s'appuyer les géologues qui ne veulent pas reconnaître dans les Alpes la présence du terrain houiller; car leurs observations ayant déjà été réfutées plusieurs fois, les principes qu'ils en déduisent tombent.

§ 736. Il semble que l'histoire de cette trop longue discussion devrait s'arrêter ici; mais il est quelques faits qui s'y rapportent assez directement pour que je les indique, d'autant plus que nous rencontrerons encore quelques oppositions aux idées qui paraissent adoptées par tout le monde.

On peut signaler deux notes remarquables qui furent, ou

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XVIII, 773.
[2] *Archives*, 1861, XI, 5.

peut le dire, une conséquence de la réunion de la Société géologique : l'une est de M. Lory, l'autre de M. Hébert. La première a pour but de fixer l'âge géologique des gypses de Champs près de Vizille, au sud de Grenoble. La Société géologique, qui les avait examinés en 1840 [1], les avait classés dans le lias. En 1859, **M. Lory** [2] en a donné une coupe intéressante, par les grands contournements qui y sont figurés, mais il les classait encore dans le terrain liasique, quoiqu'il reconnût déjà que d'autres gypses appartiennent au terrain triasique. En 1862 [3], ce même savant range définitivement ces gypses dans cette dernière formation par suite de la présence des *Avicula contorta* qu'il venait de découvrir dans les couches qui les recouvrent. Cette observation fut une nouvelle et puissante raison pour classer tous les gypses des Alpes dans le trias.

La seconde notice fut celle de **M. Hébert.** Ce savant, après avoir vu en Savoie les couches triasiques formées de gypses, de cargneules, de marnes rouges, etc., démontra que les mêmes couches se retrouvent dans les environs de Digne et qu'elles appartiennent aux mêmes terrains [4].

Il semblait donc que les travaux de 1861 devaient porter la conviction dans tous les esprits. Il n'en fut pourtant pas ainsi ; en effet, nous trouvons une note curieuse à ce point de vue dans un nouveau travail de **M. Sc. Gras** [5]. Ce savant répète à peu près les mêmes idées que celles qu'il avait émises en 1844, sans contredire aucune des observations qui avaient été faites pendant ces dix-huit années, et sans

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1840, XI, 383.
[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1859, XVI, 820.
[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1863, XIX, 720.
[4] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1861, XIX, 101.
[5] *Description géologique du département de Vaucluse*, 1862, p. 386, 388, 398, 400 et 402.

donner une seule coupe des terrains. Il s'en tient à des généralités, et désigne l'ensemble des travaux faits dans un sens contraire à l'opinion qu'il soutient sous le nom « d'opposition impuissante. » Il affirme que le terrain anthracifère renferme des ammonites, des bélemnites, des empreintes végétales houillères (p. 388) et des nummulites qui selon lui, ne sont pas tertiaires mais paléozoïques. Ces idées émises trente ans plus tôt auraient déjà été de nature à exciter l'étonnement; mais, en 1862, elles sont incompréhensibles.

§ 737. En 1862, **M. Sismonda** publia sa **Carte de Piémont, Savoie et Ligurie.** Elle est le fruit de laborieuses et savantes recherches, poursuivies pendant un grand nombre d'années[1]. Il était naturel, d'après les vues de l'auteur, que le terrain houiller et le terrain triasique des Alpes n'y fussent point représentés, car il ne les a reconnus dans aucun de ses travaux. Cette lacune, qui est fort regrettable comme je l'ai dit ailleurs, a été signalée par M. de Hauer[2]. Elle n'a pas attiré l'attention de **M. Fournet,** qui cependant a beaucoup médité sur le terrain triasique; ce savant adopte, pour les terrains des Alpes, la classification qui a été établie par MM. Élie de Beaumont et Sismonda. C'est du moins ce qui semble ressortir d'un travail où il parle des efforts des géologues pour dévoiler la structure des Alpes; « car, dit-il, l'accomplissement de la « tâche exigeait non-seulement d'excellentes cartes géo- « graphiques, mais encore des bases géologiques suffisam- « ment avancées. Ces dernières sont le produit des travaux « de MM. Élie de Beaumont et Sismonda[3]. »

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1862, LIV, 1034; *Institut*, 1862, p. 165.

[2] *Verh. der k. k. geol. Reichsanstalt*, 20 janvier 1863.

[3] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1862, LV, 857; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1862, XX, 68.

Peu de temps après, je publiai une **Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc**, avec son Explication [1]. Il ne m'appartient pas de juger ce travail ; mais je puis dire que j'y ai consacré un grand nombre d'années, et que j'ai cherché à y représenter et à y distinguer avec soin les dix-huit terrains qui composent le sol de la Savoie, y compris la formation houillère et la formation triasique. J'aurais publié plus tôt ce travail, si la discussion relative à la présence du terrain houiller n'eût pas fait naître des doutes sur l'âge de différents systèmes de couches ; je n'ai voulu l'achever que lorsque cette discussion m'a paru toucher à sa fin et après avoir recueilli les observations consignées dans les chapitres précédents, qui sont suffisantes pour motiver les couleurs que j'ai employées. Il est assez singulier que deux travaux d'aussi longue haleine que celui de M. Sismonda et le mien aient paru la même année.

§ 738. En 1863, **M. Amédée Burat**, en racontant une *excursion dans les Alpes françaises* [2], disait : « Autour « du Mont-Blanc, le caractère carbonifère de ce terrain « pourrait être encore discuté, mais il est évident en Mau- « rienne, et il n'est plus douteux que la période houillère « est largement représentée dans la région des Alpes par « les dépôts si longtemps isolés sous la dénomination « d'anthracifères. » Ce fut encore en 1863 que **M. Lory** [3]

[1] *Archives*, 1862, XV, 238.—*Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 3 novembre 1862. — *Institut*, 1862, p. 357. — *Cosmos*, 7 novembre 1862, reproduit *Journ. de Genève* 13 novembre 1862. — Stoppani, Paléontologie lombarde ; *Géologie et paléontologie des couches à Avicula contorta. Appendice*, p. 189 ; *Atti della Soc. italiana di sc. natural.*, 1863, vol. V. — De Mortillet, *Revue scientifique italienne*, 1862, p. 187. — *Revue savoisienne*, 15 mars 1863, p. 21. — Fœtterle, *Verhandl. der k. k. geolog. Reichs.*, 3 février 1863.

[2] *Revue universelle*, décembre (?) 1863 (?).

[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1863, XX, 233.

rectifia la carte géologique du Dauphiné qu'il avait publiée quelques années auparavant; ce nouveau travail est uniquement basé sur la classification normale des terrains. « L'horizon géologique des grès houillers, dit l'auteur, est aujourd'hui le mieux établi, le mieux caractérisé que l'on puisse prendre pour base dans la géologie de la chaîne centrale des Alpes, » et ce savant répète encore cette même idée dans sa description du Dauphiné (1864, p. 590).

La présence du terrain houiller n'est donc plus mise en doute, et cette formation sert de point de repère dans les recherches géologiques. C'est ainsi que les vrais principes de classification ont été posés dans les Alpes, et nous ne doutons pas qu'ils ne continuent à s'étendre dans cette chaîne, où ils ont été établis avec tant de peine.

Enfin **M. Heer**, à qui la flore fossile de la Suisse a déjà révélé la plupart de ses secrets, publia en 1863 une Notice sur le terrain houiller de la Suisse et de la Savoie[1]. Il y examine les végétaux d'Erbignon, d'Outre-Rhône, de Vernayaz, du col de Balme, des Posettes, de Valorsine, de la montagne du Fer, de Taninge, de Colombe, de Petit-Cœur, etc. Des gisements semblables à ceux-ci ne se trouvent ni dans la Suisse centrale, ni dans la Suisse orientale. Les espèces examinées sont au nombre de 60. Sur les 14 qui sont spéciales à la Suisse et à la Savoie, il y a quelques espèces nouvelles; les 46 autres appartiennent à la flore carbonifère d'Europe, et sur ce nombre, 27 se retrouvent dans le terrain carbonifère d'Amérique; pas une seule n'appartient à la flore du trias. Parmi les échantillons que j'ai récoltés en Savoie et que M. Heer a bien voulu examiner, il s'est trouvé une espèce liasique, l'*Odontopteris cycadea*, Brong., qui pro-

[1] *Archives*, 1863, XVI, 177.

vient du col de la Madeleine. L'empreinte de cette plante est sur une roche qui ne présente pas les caractères de celles du terrain houiller; elle a été recueillie dans une localité qui ne renferme pas de plantes carbonifères, mais qui est voisine de celle où se trouvent les céphalopodes jurassiques dont nous avons parlé (§ 657). Cette plante appartient à la flore du lias, et prouve (autant qu'un seul échantillon peut le faire) que les plantes de cet âge sont différentes de celles de l'époque carbonifère. Ce fait était, au reste, connu depuis longtemps. Ces observations sont, d'après M. Heer, « une importante confirmation de l'idée que le « terrain anthracifère est du même âge que le terrain car- « bonifère. »

§ 739. Ce mémoire clôt la discussion dont je viens de retracer les diverses phases; on peut la croire terminée, car depuis longtemps il ne s'est publié sur ce sujet que des notices qui ont paru à de longs intervalles [1]. N'est-il pas curieux qu'il ait fallu trente-cinq années (1828 à 1863) de luttes et de plaidoyers pour éclairer un point de la géologie des Alpes. Ce fait est d'autant plus remarquable qu'avant cette époque elle faisait des progrès assez semblables à celle des autres pays. Ces trente-cinq ans ont été employés à ramener cette branche de la science au point où elle en était en 1827; mais cette conquête est plus solidement éta-

[1] Essai d'une nouvelle explication de Petit-Cœur, par M. Lory, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1864, XXII, 48. Ce savant explique par des failles la structure de cette localité. — Dans sa note sur les terrains crétacés de Sioux-City, sur les bords du Missouri, M. Marcou s'occupe de la question de Petit-Cœur, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIV, 56. — Carte géologique de la Maurienne et de la Tarentaise (Savoie), par MM. Ch. Lory et l'abbé Vallet, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 480. — Nuove osservazioni geologiche sulle rocce anthracitifere delle Alpi del commendatore Angelo Sismonda, *Mém.*, in-4°. Turin 1867.

blie qu'elle ne l'était alors, car on en connaît mieux tous les détails.

Les questions relatives à l'âge des formations peuvent, dès à présent, se résoudre dans les Alpes aussi bien que dans les contrées voisines, et l'on ne fera plus remarquer l'absence de progrès dans l'étude géologique de cette chaîne, comme l'avait fait en 1842 un juge très-compétent. « Certains points de la géologie des Alpes sont encore plutôt « des curiosités, disait-il, que des points de repère... parce « qu'ils présentent dans leur assemblage des anomalies « avec nos connaissances paléontologiques du reste de l'Eu-« rope[1]. »

Pendant ces trente-cinq années, une cinquantaine de géologues environ ont été engagés dans la discussion, et la plupart d'entre eux ont publié plusieurs mémoires. On a vu que d'un côté étaient rangés MM. Élie de Beaumont, Bertrand-Geslin, Sc. Gras, Ange Sismonda, Rozet, Collegno, etc.; l'autre parti comptait MM. Bakewell, Voltz, Gueymard, Horner, Murchison, Lyell, Ewald, Michelin, Léopold de Buch, Pareto, Bunbury, Schlagintweit, d'Orbigny, Albin Gras, Lory, d'Archiac, Hébert, Triger, Pillet, Vallet, de Mortillet, Baudinot, etc., ainsi que tous les géologues suisses qui se sont occupés de ce sujet, savoir : MM. Studer, Escher de la Linth, Heer, Lardy, Morlot et moi.

Pourquoi tant de savants ont-ils traité cette question? C'est qu'ils n'y voyaient pas seulement la détermination plus ou moins exacte de quelques terrains. Il y avait plus que cela dans la question de Petit-Cœur et dans celle de l'âge du terrain anthracifère : on discutait pour savoir s'il y avait dans les Alpes un terrain exceptionnel, différent de

[1] Boué, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1842, XII, 136.

ceux qui étaient connus dans le reste du monde. Si l'on était arrivé à démontrer la présence d'une formation spéciale dans ces montagnes, on aurait été disposé à admettre des formations exceptionnelles dans chacune des grandes chaînes, et l'on ne peut calculer quelles auraient été les conséquences d'un pareil résultat.

La question paléontologique que l'on discutait avait une haute portée : elle était relative à la durée des faunes et des flores. Si elle avait reçu une solution différente de celle qui a terminé la discussion, elle aurait profondément modifié la paléontologie. En effet, s'il avait été reconnu que les végétaux houillers vivaient encore à l'époque du lias, la botanique fossile pouvait conserver de l'intérêt, mais elle ne pouvait plus servir à caractériser un terrain.

Enfin on discutait une question de stratigraphie qui avait une importance générale, celle des contournements.

Tels étaient les intérêts qui se sont débattus en Maurienne et à Petit-Cœur en Tarentaise. On a dit que l'illustre Werner avait pensé que le monde était fait sur le modèle de la Saxe; mais ce reproche n'a pas été assez grave pour empêcher son nom d'être rangé parmi ceux des savants les plus illustres du siècle dernier. Ne serait-on pas en droit de dire que les géologues qui ne voulaient pas reconnaître la présence du terrain houiller dans les Alpes, ont pensé que cette chaîne de montagnes était faite sur le modèle de Petit-Cœur?

On a vu dans ce chapitre que les végétaux fossiles n'ont pas toujours su garder la place qu'ils devaient occuper et qu'ils occupent aujourd'hui dans la science : une stratigraphie qui n'était pas suffisamment étudiée leur enlevait leurs droits. Mais ils furent bientôt appuyés dans leurs justes prétentions par les caractères minéralogiques des

roches qui, tout humbles qu'ils fussent, ne leur étaient pas contraires; puis arriva le terrain triasique, qui bouscula cette stratigraphie; plus tard vinrent les nummulites qui produisirent un grand effet; et enfin l'*Avicula contorta*, qui décida du sort de la bataille.

On a souvent besoin d'un plus petit que soi.

Alors à la fausse stratigraphie succéda la vraie stratigraphie, et, depuis ce moment, chaque caractère des formations a occupé dans la science la place qui lui était due et dont il aurait mieux fait de ne jamais sortir.

§ 740. *Tableau des diverses coupes prises à Petit-Cœur. — Explication des figures.*

N.B. Le mot *idem* indique que la couche est semblable à celle nommée à gauche sur la même ligne et B. signifie *bélemnites*.

Elie de Beaumont 1828. § 708.	**Simonda 1841.** § 713. Pl. XXVII, f. 6.	**Fournet 1849.** § 716. Pl. XXVII, f. 8.	**Murchison 1848.** § 716. Pl. XXVII, f. 5.	**Mortillet 1855.** § 723. Pl. XXVII, f. 7.	**Favre 1859.** § 633, 634, 712, 728. Pl. XXIV, f. 2, 4. Pl. XXVII, f. 2, 9, 10.	**Lory 1859.** § 729. Pl. XXVII, f. 11.
	11. Grès anth. Oxford-clay, à Aime.	Les roches sup. au marbre de Villette sont oxfordiennes.		15. Anthracifère.		
	10. Sch. métam. calc. de Villette. Oolite inf.	*k*. Calcaire crist. avec schiste et pouding. marbre de Villette.		Calcaire de Villette.		
		i. Grès schist. quartz. anthracite. 2e étage anthracifère.				
	9. Pouding., lias sup.	*h*. Poudingue.				
5. Sch. argilo-calc. à B. de Naves.	8. Calc. schist. à entroques, lias. 7. Idem.	*g*. Sch. effervesc. à B.	5. Roches jurassiques.	14. Lias.	*j*. Sch. calc. à B.	*l*. Lias.
					c. Cargneule triasique.	*k*. Cargneule.
4. Grès et arg. schistes.	6. Idem.	*f*. Idem. 10^m	4. Idem.	Grès.	*g*. Idem. $30^m,50$	*f*. Grès ressembl. à *a'*.
3. Arg. sch. à empr. végét. Petit-Cœur.	5. Idem.	*e*. Idem. 1^m	3. Sch. arg. à anthracit.	Idem.	*f*. Idem. 1^m	*e*. Idem. $1^m,20$
Anthracite	4. Idem.	*d*. Idem. $0^m,50$			*a*. Idem. $0^m,30$	*d*. Argile charbonn. *c*. Arg. sch. noire. $0^m,50$
2. Sch. argil. à B.	3. Calc. à B.	*c*. Idem. 4^m	2. Ardoise à B.	14. Lias à B. *minimus* *Am. bisulcatus*.	*j'*. Ard. à B. 11 à 12^m	*b*. Ard. B. *acutus*. *A. bisulcatus*. *Rhynchonella*. 10^m
1. Grès schisteux.	2. Idem.	*b*. Idem. 20 à 30^m	1. Grès.	15. Grès anthracifère.	*g'*. Idem. 6^m	*a'*. Idem. 25^m *a*. Grès sch. verdâtre.
Terrain primitif.	1. Schiste talqueux.	*a*. Terrain cristallin.	Idem.	16. Massif cristallin.	*s*. Sch. cristallins.	Schistes talqueux.

CHAPITRE XXXI

DU TERRAIN TRIASIQUE

I. DU TERRAIN TRIASIQUE.

§ 741. La démonstration de la présence du terrain triasique dans les Alpes faite dans ces dernières années, a eu d'heureux résultats sur la géologie de ces montagnes. Ce

terrain avait déjà été signalé en 1821 par **Buckland**, qui, en l'assimilant au calcaire magnésien d'Angleterre[1], y classait une partie des calcaires des Alpes, le gypse, le sel, le grès rouge et la *rouhwacke*. Deux ans plus tard, **Bakewell**, marchant dans la même voie, écrivait : « Les calcaires qui « sont associés au gypse et au sel dans la Tarentaise, au « moins ceux que j'ai examinés, seraient mieux classés avec « le calcaire magnésien des marnes rouges d'Angleterre ; ils « n'ont pas de ressemblance avec le lias[2]. » Il est vrai que le calcaire magnésien d'Angleterre est maintenant rangé dans le terrain permien ; néanmoins le point de vue de ces deux savants était juste, et si d'autres travaux l'ont fait oublier, des mémoires plus récents lui ont rendu sa valeur, comme je l'ai dit dans le chapitre XXX.

§ 742. Le terrain triasique qui recouvre le terrain houiller est composé des couches dont j'ai indiqué les noms dans un précédent tableau (§ 692 *a*). Il paraît avoir une composition de plus en plus compliquée à mesure que l'on s'avance des bords du lac de Genève, par l'intérieur de la Savoie, jusque dans la partie supérieure de la Maurienne. **Dans le nord** de la Savoie, les **différentes assises** qui le composent ont un facies bien caractérisé, et sont recouvertes par les couches à *Avicula contorta* de l'infra-lias.

Nous avons étudié ce terrain à Matringe (§ 298), où l'on ne voit guère que les assises supérieures ; cependant, près de Marcely, un quartzite en représente probablement la partie inférieure, et peut-être qu'entre ces deux localités on pourra une fois reconnaître plus ou moins complétement la série des couches. Le trias se montre dans diverses parties de la Pointe-d'Orchex (§ 282), où il est encore plus près des

[1] *Journal de Physique*, 1821, XCIII, 20.
[2] *Travels in Tarentaise*, 1823, II, 418.

schistes à fucoïdes qu'à Matringe. On le trouve dans la vallée de Boëge et au chalet Marmoi (§ 308), où il s'appuie sur les schistes du macigno alpin et où il est recouvert des assises infra-liasiques. On le voit aussi à la montagne des Fourches d'Habère (§ 309) et plus loin, le long des rives de la Dranse (§ 317). La cargneule présente, dans cette dernière localité, un énorme développement ; elle renferme deux couches de gypse : la couche supérieure la divise en deux parties, l'inférieure est à la base du terrain et n'a pas moins de 305 mètres de puissance. On a remarqué également la présence de deux couches de gypse dans le terrain triasique du Jura salinois et dans celui de Bex. Ce terrain est très-bien caractérisé dans l'importante section de Meillerie (§ 321), au Grammont (§ 329), aux environs de Morgins (§ 345), aux cols de Coux et de Golèze (§ 441) et sur quelques autres points du massif du Chablais.

Dans la plupart de ces endroits, on voit au-dessous de l'étage infra-liasique des *argiles ou des marnes rouges et vertes*, probablement l'équivalent des marnes irisées, qui reposent sur des *cargneules et des gypses*. J'ai encore indiqué dans les montagnes de la rive gauche de l'Arve, près du Grand-Bornand (§ 399) et de Serraval (§ 390) des affleurements du terrain triasique.

La nature de ces affleurements change un peu quand on se rapproche du massif du Mont-Blanc, et cependant, sur le revers septentrional de celui-ci, les roches principales sont encore la cargneule et les gypses (ch. XXII et XXIII). Mais dans la chaîne des Aiguilles Rouges les schistes cristallins et le terrain houiller sont recouverts d'un *grès arkose* surmonté d'une couche mince et peu importante *d'ardoises noires*, sur laquelle repose un *schiste argi-*

ferrugineux rouge et vert situé ordinairement au-dessous de la cargneule (§ 473, 475, 476 et 478).

Le terrain triasique, avec la composition que je viens de lui assigner, s'étend au S.-O. sous les terrains jurassiques, et affleure là où ceux-ci ont été emportés, c'est-à-dire dans les environs de St-Gervais (§ 551), de Mégève (§ 612), de Flumet (§ 613), d'Ugine (§ 616) et de Beaufort (§ 626). Dans les localités qui peuvent être regardées comme faisant partie de la **portion méridionale** de la Savoie, telles que le col de la Louza, Petit-Cœur (§ 633), Moûtiers (§ 640), Bozel (§ 655) et la Maurienne (§ 664 et suiv.), ainsi que sur le revers méridional de la chaîne du Mont-Blanc, le trias change un peu de caractères. Il présente toujours de nombreux affleurements de gypse et de cargneule; on y voit encore le grès arkose avec le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, comme au col des Encombres (§ 658); cependant, le grès est souvent changé en *quartzite* stratifié aux environs de Modane (§ 665) et au Grand St-Bernard (§ 682 et suiv.). Mais ce qui différencie ce terrain triasique de celui de la Savoie septentrionale, ce sont de nouveaux étages, dont nous allons indiquer la position relative en traçant la coupe complète du terrain triasique.

§ 743. Nous avons vu que sur le quartzite du fort de l'Esseillon repose une puissante masse de calcaire noir magnésien (*calcaire de l'Esseillon* [1]) recouverte par la couche inférieure de la *cargneule* et du *gypse*, laquelle supporte les *schistes lustrés*, qui ont une grande épaisseur et qui sont souvent accompagnés de *calcaire micacé;* ces couches se voient au ravin d'Aussois (§ 666). Les schistes lustrés et les calcaires micacés se retrouvent à Villarly, d'après la coupe

[1] Ici nous n'avons pas vu le schiste argilo-ferrugineux rouge et vert dont je viens de parler.

de MM. Lory et Vallet; ils y sont recouverts de la *couche supérieure de cargneule et de gypse*, surmontée des *argiles et marnes rouges* que, par inadvertance, j'ai nommées schiste argilo-ferrugineux rouge et vert au t. III, p. 235.

Cette dernière zone de cargneule et de gypse et ces argiles rouges me paraissent être sur l'horizon des couches de même nature visibles à Matringe, parce que, dans cette localité comme à Villarly, elles sont au-dessous de la zone à *Avicula contorta* de l'infra-lias. Dans une lettre que M. Lory a bien voulu m'adresser à ce sujet[1], il expose à peu près les mêmes idées; cependant il pense que la cargneule et le gypse ne forment pas des couches, mais qu'ils sont à différents niveaux en amas subordonnés. Je ne puis croire cependant que les longues bandes de cargneule et de gypse, qu'on peut suivre des Alpes du Dauphiné jusqu'en Valais, ne soient pas de vrais affleurements de couches.

Passons maintenant en revue les différentes roches du terrain triasique, sans tenir compte de leur âge relatif.

II. DU GRÈS ARKOSE ET DU QUARTZITE.

§ 744. Le grès que j'ai nommé **arkose**[2] est en général siliceux, verdâtre ou rose; l'élément le plus frappant en est le quartz en grains de grosseur variable, souvent roses. Le quartz rose est si rare dans les Alpes, que la couleur des grains de ce grès est probablement développée par une altération de la substance. On a quelquefois critiqué le nom d'arkose, en disant qu'il est réservé au grès feldspathique; mais celui dont je m'occupe est souvent feldspathique, d'après la description même qui en a été donnée par de Char-

[1] *Archives*, 1867, XXIX, 54.
[2] *Mém. sur les terrains liasique et keupérien*, 1859.

pentier (§ 485), et ce nom n'indiquant aucune notion d'âge, m'a paru convenable pour atteindre le but que je me proposais.

La dénomination de **verrucano** a été également donnée à cette roche, par M. Studer[1], qui appelle ainsi le grès sur lequel est bâti le village de Flumet (§ 613). Mais quoique en Toscane ce nom désigne, d'après M. Pareto[2], un grès de l'âge du *rothe liegende*, supérieur au terrain houiller, il ne nous semble pas convenable, parce qu'il a été employé pour désigner le conglomérat de Valorsine, qui appartient au terrain houiller.

Le grès arkose, avons-nous vu (§ 551), contient souvent un **jaspe**, dont le principal gisement est voisin de la source minérale de St-Gervais. Peut-on attribuer à cette source la formation de cette matière? S'il en était ainsi, son origine serait la même que celle du jaspe du grès vosgien des environs de Plombières, qui d'après MM. Jutier et LeFort[3] semble résulter de l'action ancienne des eaux thermales de cette station.

Le grès arkose des Alpes de la Savoie présente des caractères minéralogiques identiques à celui du midi de la France[4] et en particulier à celui du quartier des Amoureux, près de Toulon[5]. On voit aussi, dans un travail de MM. Reynès et de Rouville[6], que le terrain triasique du département du Gard offre la plus grande analogie avec celui des

[1] *Geologie der Schweiz*, II, 141.

[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.* 1858, XVI, 80.

[3] Etudes sur les eaux minérales et thermales de Plombières. Paris, 1862, 12.

[4] *Bull. Soc. géol. de Fr.* 1861, XVIII, 766. Jaubert, Matériaux pour la géologie du Var. *Bull. de la Soc. des études sc. de Draguignan*, 1859.

[5] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1864, XXI, 469.

[6] Note sur l'arrondissement de St-Affrique, *Mém. de l'Acad. de Montpellier*, 1858, IV. Voyez aussi : *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1846, III, 596.

Alpes ; le grès arkose de cette dernière chaîne, en particulier, a de la ressemblance avec le grès bigarré que ces savants décrivent. Mais les rapports ne sont ni assez nombreux, ni assez précis pour qu'ils puissent nous servir à classer dans le grès bigarré le grès alpin dont nous parlons et qui, jusqu'à présent, ne semble pas contenir de fossiles.

§ 745. Le grès arkose, comme je l'ai déjà dit, est changé en **quartzite stratifié** dans les environs de Modane (§ 665) et du Grand St-Bernard (§ 683). Brochant de Villiers avait observé, il y a longtemps, la stratification et la schistosité de cette roche[1], et quoique M. Élie de Beaumont admette l'idée qu'elle est une transformation du grès à anthracite ou du grès du système jurassique[2], elle me paraît indépendante de l'un et de l'autre.

On n'est pas encore arrivé à se rendre compte du mode de formation du quartzite, qui est sans doute lié à celui de la karsténite, du gypse, du sel, des dolomies et des calciphyres, roches qui abondent dans le terrain triasique. On sait cependant que certaines sources minérales déposent de la silice hydratée, et d'autres de la silice anhydre[3]. Mais les quartzites paraissent être moins des dépôts de sources que des grès, dans lesquels il y a eu peut-être des infiltrations de la silice enlevée par les agents atmosphériques aux parties supérieures de la roche.

Les solfatares de la Toscane décrites par M. Coquand[4], nous montrent la formation de produits analogues aux roches triasiques sous l'influence des forces actuellement en activité. On y voit en effet de l'anhydrite, du gypse, des

[1] *Journ. des Mines,* 1808, XXIII, 354.
[2] *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XV, 361 ; 1830, XIX, 10.
[3] *Comptes rendus de l'Acad.*, 1858, XLVI, 226.
[4] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1848, VI, 91.

silicifications, etc., se former sous l'influence de l'eau et de l'hydrogène sulfuré. Peut-être la couleur blanche, si commune dans les quartzites et si rare dans les vrais grès, est-elle le résultat de l'action de l'acide sulfureux sur ces dernières roches? Mais nous n'avons pas encore les données nécessaires pour éclaircir le mystère de la formation des quartzites.

§ 746. Enfin, pour achever ce qui tient aux grès et aux quartzites, je rappellerai qu'autrefois ils étaient bien plus abondants dans les Alpes qu'à l'époque actuelle. Ils ont été emportés sur de grands espaces, on en a pour preuve les cailloux de quartzite qui jonchent les plaines voisines des Alpes. Ils font partie du terrain glaciaire et un grand nombre d'entre eux ont été emmenés par des courants d'eau au delà de la région où ce terrain s'est déposé. Nous sommes d'accord avec M. Élie de Beaumont, qui croit que les cailloux répandus dans la vallée du Rhône (ils s'étendent jusque près de Montpellier) proviennent en grande partie de la Tarentaise et de la Maurienne [1]. De Saussure était embarrassé pour expliquer la quantité prodigieuse de cailloux qui couvrent les environs d'Avignon et la plaine de la Crau [2]; mais M. Charles Martins nous a récemment fourni une explication de leur présence dans cette contrée qu'il nomme le Sahara français [3].

III. DU SCHISTE ARGILO-FERRUGINEUX ROUGE ET VERT.

§ 747. Le grès arkose est ordinairement recouvert et quelquefois associé au **schiste argilo-ferrugineux**

[1] *Ann. des Sc. nat.*, 1830, XIX, 10.
[2] *Voyages*, § 1550, 1594.
[3] *Du Spitzberg au Sahara*, 1866, 427.

rouge et vert, qui est fort développé à Argentière (§ 513), dans la vallée d'Entraigues (§ 476), au Buet (§ 473), au moulin Barbe (§ 617) et au col des Encombres (§ 658). Il ne correspond pas exactement aux marnes irisées, comme je l'avais avancé en 1859[1]; en effet, l'équivalent de ces dernières roches me paraît être les argiles rouges inférieures à l'infra-lias, telles qu'on les voit à Matringe (§ 299), à l'Échaillon (§ 664), etc. Ces argiles rouges sont audessus de la cargneule, tandis que les schistes argilo-ferrugineux rouges et verts sont au-dessous; ils forment probablement un étage spécial, et il nous semble que ce grès ou ce schiste rouge doit être à peu près sur l'horizon des couches de Werfen dans les Alpes autrichiennes.

IV. DE LA CARGNEULE.

§ 748. La cargneule (rauchwacke des géologues allemands) est un calcaire magnésien celluleux, très-répandu dans le terrain triasique des Alpes; nous l'avons signalée dans une multitude de localités. A peu d'exceptions près, tous les affleurements de cette roche dans les Alpes occidentales sont triasiques.

Depuis le moment où l'on commença à étudier les Alpes et même durant une partie du temps où l'on discuta la présence du terrain houiller dans ces montagnes, la cargneule fut à peine remarquée. Deluc[2], de Saussure[3] et Brochant[4] la prenaient pour du tuf, et par cela même lui donnaient peu d'importance.

[1] *Mém. sur les terrains liasique et keupérien*, 74.
[2] *Lettres physiques et morales*, V, 399.
[3] *Voyages*, § 762, 846, 2261, 2273.
[4] *Journ. des Mines*, XXIII, 338.

On a plusieurs analyses de cette roche [1]; elles montrent que la proportion de la magnésie n'est pas constante. Les essais que M. Marignac a bien voulu faire sur un échantillon provenant des bords de la Dranse, non loin de Thonon, dénotent que les parois des cellules ne sont pas dolomitiques (analyse n° I), tandis que la poudre qui remplit les cavités offre la composition de la dolomie (n° II).

	I	II
Carbonate de chaux	79,64	55,44
Carbonate de magnésie	9,35	41,16
Alumine et oxyde de fer	1,25	0,35
Argile	9,30	2,98
	99,54	99,93

§ 749. Pourrait-on expliquer cette singulière composition en supposant que la cargneule était d'abord une dolomie intimement mélangée avec une substance soluble telle que du sel, qui formait des lames ou des lamelles dirigées en sens divers dans l'intérieur de la masse? Lorsque la substance soluble a été peu à peu dissoute, les lamelles ont laissé des vides qui ont été successivement remplis par du carbonate de chaux, lequel a formé les parois des cellules; et la partie de la substance soluble intimement liée à la dolomie une fois dissoute, a laissé cette dernière à l'état de poudre ou de poussière. Indiquons quelques faits à l'appui de cette supposition.

On sait, par exemple, que les roches de gypse et de cargneule sont toujours plus développées à l'extérieur du sol que dans l'intérieur. Le gypse est une altération de

[1] Gueymard, *Bulletin de la Soc. géol. de France*, 1840, XI, 432; Delesse, *Archives*, 1858, I, 344; Brunner, Geog. Beschr. der Gebirgsm. des Stockhorns; *Mém. Soc. helvétique des Sc. nat.*, 1857, XV; Escher et Mérian, *Mém. Soc. helvétique des Sc. nat.*, 1853, XIII.

l'anhydrite causée par les agents atmosphériques, et il est probable que la cargneule est une altération de la dolomie. On sait aussi que le sel est intimement lié soit à l'anhydrite, soit à la dolomie. De Charpentier avait constaté ce fait ainsi que la position externe de la cargneule dans les mines de Bex[1]. Je lui ai souvent entendu dire qu'il n'y avait pas de cargneule dans l'intérieur des mines, mais que l'on y trouvait de la dolomie. Enfin, je rappellerai une phrase publiée à la fin du siècle dernier. « La pierre salée d'Arbonne « est blanche comme du marbre; lorsque le sel qu'elle con- « tient a été dissous, elle demeure poreuse et semblable « à du tuf[2]. »

Il est probable aussi que l'action que je viens d'indiquer n'est pas seule à former la cargneule, et que les eaux de pluie, qui font entrer en dissolution du sulfate de chaux, modifient la dolomie sur laquelle elles ruissellent. M. Haidinger pense que la cargneule s'est formée de cette manière[3].

En jetant un coup d'œil sur les théories, par lesquelles

[1] Ce savant m'écrivait en mars 1848 : « Nous n'avons jamais rencontré « de cargneule dans l'intérieur de nos mines, ni dans celles du Bouillet, ni « au Fondement, ni dans les mines de Vaud et de Salins. Cependant, à « Salins on a établi un immense réservoir dans la cargneule même; mais « cette roche y repose sur le gypse et ne s'étend pas dans l'intérieur. La « seule roche, intercalée dans l'anhydrite dans laquelle, d'après feu M. « Struve, il doit se trouver de la magnésie, est un calcaire vraisemblable- « ment siliceux fort dur, dont la raclure fait une faible effervescence avec « l'acide nitrique; mais la présence de la magnésie n'est rien moins que « prouvée. » M. de Charpentier m'avait envoyé un échantillon de cette dernière roche provenant de la galerie nommée Bon-Espoir, dans la mine du Fondement, et M. le professeur Marignac, qui en a fait l'analyse, a reconnu que c'était une dolomie composée de 50,17 de carbonate de chaux, de 42,14 de carbonate de magnésie, de 1,74 de carbonate de fer et de 5,95 d'argile, total 100.

[2] *Journ. des Mines*, an III (1795), I, n° IV, 70.

[3] *Mém. scientif.*, publiés par Haidinger, Vienne, 1847, I, 305; *Archives*. 1848, VII, 324.

on a cherché à expliquer la formation de cette roche [1], on arrive à se convaincre qu'elle est le résultat d'une action qui s'est exercée depuis les temps anciens jusqu'à nos jours, et qui se continue encore. Mais les expériences destinées à dévoiler l'origine de la cargneule ne sont pas encore faites: elle n'a pas été produite artificiellement.

Dans les Pyrénées comme dans les Alpes, elle est située au-dessous du terrain liasique. M. Leymerie la rapporte à ce dernier terrain et ne la classe pas dans le trias [2]; pendant longtemps les géologues alpins en ont fait de même.

V. DE LA DOLOMIE.

§ 750. On a un grand nombre de théories [3] sur l'origine de la roche que Dolomieu [4] avait remarquée le premier, et que Théodore de Saussure appela Dolomie après l'avoir analysée [5]. Une de celles qui furent le plus discutées avait été émise par **L. de Buch**; il soutenait que les dolomies du Tyrol étaient une transformation du calcaire, sous l'influence de vapeurs magnésiennes émises au moment des éruptions du mélaphyre [6]. Cette hypothèse restera dans l'histoire de

[1] Dans les théories, l'origine de la cargneule est en général liée à celle de la dolomie. Sur la cargneule, voyez: *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1846, III, 581; *Quart. journ. of Geologic. Soc. of London*, 1848, V, 173; Sterry-Hunt, Associat. américaine pour l'avancement des sc. *Litterary gazette*, 1857, 1028. *Archives*, 1857, XXXVI, 268.

[2] *Esquisse géognostique des Pyrénées, de la Haute-Garonne*, 1858, 48.

[3] Fournet, Histoire de la dolomie, *Ann. de la Soc. roy. d'agric. de Lyon*, 1847.

[4] De Saussure, *Voyages*, § 1929. *Journ. de Physique*, 1791.

[5] *Journ. de Physique*, 1792, XL, 161.

[6] Lettres de M. de Buch, *Annales de chimie et physique*, 1823, XXIII, 276 et 396. Elie de Beaumont, *Ann. des Sc. nat.*, 1829, XVIII, 269. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1837, VIII, 174; *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1854, XXXIX, 525. Delanoue, *ibid.*, 492. Karsten, *Acad. de Berlin*, 1848, mars; *Institut*, 1848, 367.

la science comme un type des écarts auxquels conduit la foi aveugle dans le métamorphisme. Pour appuyer cette supposition, **M. Durocher**[1] a fait une expérience dans laquelle il a partiellement changé en dolomie un fragment de calcaire, en l'exposant pendant plusieurs heures à une température rouge sombre dans un canon de fusil qui contenait du chlorure de magnésium. Mais il est évident que ce procédé est peu naturel, et qu'il n'est pas celui par lequel se sont formées les énormes masses dolomitiques du Tyrol.

M. Haidinger, comme le dit **M. Morlot**, dans un mémoire où il s'est occupé de l'origine de la dolomie[2], a produit cette roche par un procédé tout autre : au moyen de carbonate de chaux et d'une dissolution de sulfate de magnésie à une température de 200° C. et à une pression de 15 atmosphères.

Un peu plus tard, M. le professeur **Marignac** obtint de la dolomie dans les mêmes circonstances, au moyen d'une dissolution de chlorure de magnésium réagissant sur du carbonate de chaux[3]. Cette expérience me permit de supposer que les dolomies du Tyrol avaient été formées dans une mer dont la température aurait été plus élevée que d'ordinaire par suite d'éruptions porphyriques. Cette hypothèse a été présentée d'une manière peut-être trop absolue relativement à la température ; car il est probable qu'une forte chaleur n'est pas nécessaire à la formation de cette roche. Mais je soutenais, et je crois encore, que cette matière

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 21 juillet 1851 ; *Archives*, 1851, XVIII, 343.

[2] *Mémoires scientifiques* publiés à Vienne, par Haidinger, 1847, I, 305 *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 6 mars, 1848; *Archives*, 1848, VII, 324.

[3] *Archives*, 1849, X, 177, et par extrait ; *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1849, XXVIII, 364.

minérale s'est déposée à l'état de dolomie, et qu'elle ne doit point son origine à du calcaire qui se serait chargé de magnésie depuis sa formation.

M. Forchhammer pensait aussi que la roche qui nous occupe avait été formée dans la mer, par l'intervention de sources apportant du carbonate de chaux[1]. Cette manière de voir est à peu près la même que celle de **M. Sterry-Hunt** qui, pour produire des carbonates magnésiens, fait réagir une dissolution de bicarbonate de soude sur du carbonate de chaux et des sels de magnésie[2]. Tout dernièrement, ce savant est revenu sur ce sujet[3]. Il soutient que, dans l'expérience de M. Haidinger et dans celle de M. Marignac, il n'y a qu'un mélange et non pas une combinaison du carbonate de magnésie avec le carbonate de chaux; mais que, pour produire de la dolomie, il faut chauffer doucement à 120 ou 150° C. un mélange de carbonate de chaux et de carbonate hydraté de magnésie semblable à celui qu'on obtient en précipitant une solution des deux chlorures par un léger excès de carbonate de soude.

M. Cordier a supposé que la composition des eaux de l'Océan s'est modifiée et que dans les temps anciens il y avait une plus grande proportion de chlorure de calcium (c'est aussi l'opinion de M. Sterry-Hunt) et de chlorure de magnésium que dans les temps actuels. Ces sels, d'après lui, ont pu former de la dolomie sous l'influence du car-

[1] *Institut*, 1849, 407; *Quart. Journ. of Geol. Soc. of London*, 1850, VI, *Transl. et Not.*, 48.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1859, XLVIII, 1003. Silliman's *Americ. J. of Sc.* (2), XVIII, 170 et 365; *Philosoph. magaz.*, 1859, XVIII, 153; *Rapport sur la géologie du Canada*, 1864, 609. *Revue de géologie pour 1860*, 100; *Archives*, 1857, XXXVI, 268.

[3] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1867, XLIV, 815.

bonate de soude[1]. **M. Leymerie**[2] a aussi exposé cette théorie.

L'idée de **M. Richthofen** est fort différente : il pense que les grandes montagnes dolomitiques du Tyrol ont été entièrement formées par des polypiers, en sorte qu'elles seraient des bancs de coraux des mers anciennes[3].

§ 751. Nous voyons d'après ce qui précède qu'on cherche maintenant, avec raison, à expliquer la formation de la dolomie au moyen des réactions qui se passent actuellement dans la mer. On a reconnu depuis longtemps dans cette roche tous les caractères des terrains stratifiés fossilifères; on a reproduit cette substance par plusieurs méthodes dans les laboratoires, mais on n'a pas encore réussi à la voir se former **par les agents naturels**. Il est probable que l'on découvrira ce mode de formation dans des circonstances semblables à celles qui existent sur les bords des grands lacs salés, et sans doute analogues à celles que **M. Louis Lartet** a fait connaître dans ses *Recherches sur les variations de la salure de l'eau de la Mer Morte*[4]. Il semble que, sur les plages échauffées par le soleil et recouvertes d'une petite quantité d'une eau qui contient plus de 9 % de chlorure de magnésium, comme l'eau de la Mer Morte[5], ou 7 % comme celle du lac Ourmia[6], il doit se faire des dépôts dolomitiques, pour peu qu'il y arrive du carbonate de chaux en dissolution amené par l'eau d'un ruisseau ou par celle d'un fleuve.

[1] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1862, LIV, 292.

[2] *Mém. de l'Académie de Toulouse*, 21 août 1862. *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1862, LIV, 566.

[3] *Geogn. Beschreib. der Umgegend von Predazzo, etc., in Süd-Tyrol*, 1860, 296; *Ann. des Mines*, 1864, VI, 291.

[4] *Bull. Soc. géol. de France*, 1866, XXIII, 719.

[5] *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1863, LVIII, 602.

[6] *Revue de géologie* pour 1861, 78.

§ 752. Si l'origine de la dolomie est difficile à expliquer, il sera moins aisé encore de découvrir la cause qui a fait cristalliser du feldspath dans les calcaires magnésiens, comme on en voit dans les **calciphyres** (§ 561, 666).

Les observations de M. Lory tendraient à nous montrer que cette roche est fort répandue ; car les cristaux de feldspath sont, d'après lui, un des caractères habituels des dolomies et des cargneules triasiques ; ces cristaux manquent dans les calcaires liasiques[1]. Je ne crois pas que, jusqu'à présent, on ait proposé aucune hypothèse pour expliquer l'origine des calciphyres.

VI. DES SCHISTES LUSTRÉS ET DU CALCAIRE CIPOLIN.

§ 753. Deux roches fort répandues dans le terrain triasique de la Savoie méridionale sont les **schistes lustrés** et le **calcaire micacé cipolin** ; elles se trouvent en abondance dans le voisinage du Mont-Cenis et forment la chaîne qui s'étend de Moûtiers à Pierre-à-Voir, et qui sépare le Mont-Blanc du Grand et du Petit St-Bernard. Sur ma carte géologique, une grande partie de cette chaîne est coloriée de la teinte du lias ; M. Lory, en 1866, a critiqué cette couleur, parce que, selon lui, la roche est triasique[2]. Cette opinion, qui paraît juste maintenant, était bien discutable lors de la publication que je fis en 1862, et je disais dans l'explication de la carte[3] que les roches situées entre le Grand St-Bernard et le Mont-Blanc seraient probablement rangées dans le trias, mais que, pour le moment, je croyais

[1] *Actes de la Société helvétique*, Genève, 1865, 81.
[2] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1866, XXIII, 481.
[3] *Archives*, 1862, XV, 264.

bien faire en évitant de désigner sur ma carte une formation (l'étage des schistes lustrés et du calcaire cipolin) dont les limites géographiques et géologiques étaient encore très-vagues. Cette formation **ne se trouve pas au nord** de la chaîne du Mont-Blanc, à moins qu'il n'y en ait quelque affleurement au col Joly (§ 621) ou dans le voisinage de la serpentine de Taninge (§ 305).

§ 754. **Les schistes lustrés et le calcaire micacé** sont évidemment des dépôts marins, mais on ne connait point la cause de l'aspect cristallin qui caractérise particulièrement la dernière de ces roches ; cependant, la formation du mica peut s'expliquer jusqu'à un certain point par la comparaison des analyses n°s 1 et 2 du § 633. Elle nous montre que quelques espèces de mica ont la même composition que les schistes argileux ; il est donc évident que le mica est un minéral produit par une modification du schiste argileux sous une influence qui, jusqu'ici, n'a pas été précisée. Ce mica est un schiste argileux cristallisé, si j'ose me servir de cette expression, et cette observation explique pourquoi des calcaires argileux jurassiques, tels que ceux du col d'Anterne, ont souvent un aspect lustré qui provient de la transformation de l'argile. Cette transformation n'est donc pas spéciale au terrain triasique.

L'étage des schistes lustrés et du calcaire micacé **a une puissance énorme ;** car les couches qui le forment plongeant au S.-E. ou à l'E.-S.-E., avec une inclinaison de 35 à 45°, s'étendent dans tout l'espace compris entre le Petit St-Bernard et la vallée du Mottet ou des Chapius, et sur toute la distance qui sépare la Combe de Là du val Ferret. Je ne connais aucune formation semblable à celle ci, excepté peut-être celle dont on tire de beaux marbres en Toscane[1].

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1856, XIII, 235.

VII. DU GYPSE.

§ 755. Le gypse est une des roches importantes du terrain triasique. Lamanon croyait qu'il avait été formé dans des lacs d'eau douce [1]; Brochant [2] ne partageant pas cet avis, confirma ce qu'avait avancé de Saussure [3] en montrant, contrairement à l'opinion de Struve [4], que les gypses des Alpes ne sont pas primitifs. On les a rangés pendant quelques années dans le terrain du lias; maintenant ils sont classés dans le terrain triasique (sauf quelques gypses tertiaires), parce qu'ils sont toujours au-dessous de la couche à *Avicula contorta* et souvent au-dessus du terrain houiller. Cet âge a été fixé par les observations de MM. Escher et Mérian dans le Vorarlberg [5], par celles que j'ai faites dans les Alpes occidentales [6], par celles de M. Lory en Dauphiné [7], celles de M. Hébert dans les environs de Digne [8] et celles de M. de Rouville dans le département du Gard [9]. En Espagne, les gypses se trouvent dans les marnes irisées [10]. Dès lors il paraît probable que, dans les Corbières, cette roche doit être placée sur le même horizon, malgré l'opinion de quelques savants qui la rangent dans le terrain jurassique [11].

[1] *Journ. de Physique*, XIX, 185.
[2] *Ann. des Mines*, 1817, II, 257, 294.
[3] *Voyages*, § 712, 1208, 1239.
[4] Struve, *Abrégé de géologie*, 1819, 42; Jacquemont, *Bulletin philomatique*, 1825, 105; d'Aubuisson, *Journ. des Mines*, 1807, XXII, 161.
[5] *Mém. Soc. helvétique des sc. nat.*, 1853, XIII.
[6] *Mém. sur les terrains liasique et keupérien*, 1859.
[7] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1862, XIX, 720.
[8] *Id.*, 1861, XIX, 100.
[9] *Id.*, 1862, XIX, 683.
[10] *Id.*, 1862, XIX, 684.
[11] *Id.*, 1862, XIX, 501.

§ 756. En 1778, Deluc regardait les gypses du Cramont comme une **altération de la matière** primordiale[1]. Depuis lors, on a souvent soutenu que le gypse était une modification du calcaire, une **épigénie,** résultant d'un métamorphisme[2]. De Charpentier[3] a montré que le gypse des Alpes n'était pas une altération du calcaire, mais qu'il provenait de la décomposition de la **karsténite ou anhydrite.** Déjà en 1810, MM. de Buch, Rengger et Lardy avaient reconnu l'association de la karsténite et du gypse au Mont-Cenis[4].

Ces **gypses, épigènes** suivant certains auteurs, ont une origine différente de celle des gypses du bassin de Paris ou d'Aix, et d'après M. Héricart de Thury[5], c'est le voyageur Patrin qui le premier a fait cette distinction entre ces deux espèces de dépôts. Il dit que ce savant regardait les amas de gypse des Alpes « comme des tufs calcaires « devenus gypseux, soit par l'influence de quelques molé- « cules d'acide sulfurique, qui ont été fournies par les py- « rites des schistes primitifs, etc. » Plus tard, on a invoqué une théorie assez semblable pour la formation du gypse des environs d'Aix[6] qui appartient à l'autre espèce.

On avait encore avancé, mais sans succès, que le gypse était un **produit sublimé**[7].

Il n'est point difficile de comprendre la réaction qui peut produire cette substance. **L'hydrogène sulfuré,** par

[1] *Lettres physiques et morales*, V, 429.

[2] Beudant, *Traité de minéralogie*, I, 595; Elie de Beaumont, *Bull. soc. géol. de Fr.*, 1837, VIII, 174; *Ann. des Sc. nat.*, 1828, XV, 361; Murchison, *Quart. journ.*, 1848, V, 172.

[3] *Ann. des Mines*, 1819, IV, 535, et 1817, II, 275, note.

[4] Notice sur L. de Buch, par Lardy. *Neues Jahrbuch*, 1853.

[5] *Journ. des Mines*, 1812, XXXII, 201.

[6] *Ann. des Mines*, 1847, XI, 409.

[7] Keferstein, 1826, *Bulletin de Férussac*, 1827, X, 212.

exemple, peut se changer en acide sulfurique au contact de l'air, en laissant un dépôt de soufre; aussi voit-on dans quelques-unes des localités où ce gaz se dégage, du calcaire changé en gypse [1], au moins à la surface, et cette action a été l'origine d'une théorie de la formation des gypses dans les Alpes [2]. On a aussi observé des dépôts gypseux produits actuellement par des sources chargées d'acide sulfurique agissant sur des calcaires et se déposant sur une grande étendue [3]. On a également donné de bonnes raisons pour soutenir que, dans des bassins marins fermés, le gypse se précipite avant les sels magnésiens [4]. Mais dans ces exemples, il y a production de gypse et non pas de karsténite, et c'est l'origine de cette dernière substance qu'il faudrait expliquer.

§ 757. D'après les expériences de laboratoire, on ne peut obtenir le sulfate de chaux anhydre qu'en le précipitant d'une dissolution d'eau bouillante; il paraît cependant qu'à *Cava bianca*, en Toscane, la karsténite se forme aux dépens du calcaire *albérèse*, attaqué par l'acide sulfurique [5]. En sorte que nous serions disposé à nous ranger à l'avis de M. Descloizeaux [6], qui attribue l'origine de la karsténite à l'action de sources et de vapeurs chargées d'acide sulfhydrique réagissant sur des calcaires magnésiens préexistants si nous pouvions concilier cette théorie avec la grandeur des dépôts de gypse, qui sont de vraies couches et qui nous semblent avoir une trop grande étendue pour provenir de l'action des sources qui est plutôt locale. D'ailleurs les

[1] A Aix-les-Bains, Bonjean, *Ann. des Mines*, 3e série, XVI, 299.
[2] Murchison, *Quart. journ.*, 1848, V, 173.
[3] Sterry Hunt, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc*, 1855, XL, 1348.
[4] Sterry Hunt, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1867, LXIV, 815.
[5] Coquand, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1848, VI, 114.
[6] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1860, XXII, 25.

sources ne forment leurs dépôts que sur une surface exondée; or, les dépôts triasiques nous paraissent être des dépôts marins. Il est vrai que souvent les gypses enveloppent des fragments de calcaires magnésiens noirs; mais ces morceaux de roches sont-ils des restes de la roche primitive épargnés lors de sa transformation d'abord en karsténite et ensuite en gypse, ou sont-ils des fragments enveloppés dans la karsténite, qui se serait déposée à l'état de karsténite, sans transformation du calcaire dans le lieu même où cette roche se voit maintenant? J'incline vers cette dernière hypothèse; car je crois que les roches se sont en général déposées avec la composition que nous leur connaissons.

Il est évident que maintenant la karsténite se transforme en gypse, et que cette altération produit des dislocations locales assez considérables et une augmentation notable dans le volume des roches [1].

VIII. DU SEL.

§ 758. Le sel est une des roches les plus importantes du trias. Les géologues ne sont point d'accord entre eux pour savoir si les matières salines ont été amenées de l'intérieur de la terre par des sources, ou si elles sont le résultat de l'évaporation d'une mer ou d'un lac salé. Il est difficile de remonter à l'origine première du chlorure de sodium; peut-être s'est-il formé par l'action de l'acide chlorhydrique sur des roches granitiques ou sur des laves; mais une fois constitué, le sel doit subir une sorte de circulation entre l'intérieur et l'extérieur de la terre. En

[1] Note de M. Elie de Beaumont, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1837, VIII, 17[illegible]

effet, l'eau de la mer qui s'infiltre assez profondément dans la terre pour jouer un rôle dans les phénomènes volcaniques et qui ressort à l'état de vapeur, doit laisser des matières salines dans les profondeurs du sol. Plus tard, après une modification de l'écorce solide du globe, ces matières peuvent être dissoutes de nouveau et revenir à la surface avec les eaux de sources. Peut-être même quelques-uns de ces dépôts salins arriveront-ils en masse à la surface ou près de la surface de la terre, par suite d'une dislocation? Il n'est pas probable cependant que les phénomènes dont je parle se produisent sur une grande échelle.

Si on admet l'idée de la formation des dépôts de sel par l'évaporation d'une mer ou d'un lac, ayant quelque analogie avec la mer Morte, la mer Caspienne ou certains lacs de l'Afrique, de l'Inde, du Mexique ou de l'Australie, qui laissent sur leurs bords, dans la saison chaude, des masses considérables de sel, on soulève dans la science une discussion sur la possibilité de la formation de certaines couches de sel au moyen de l'évaporation des eaux. Ainsi MM. Tasche et Reichardt croient que les dépôts exploités dans la mine de Stassfurt-Anhalt, près de Magdebourg, ont pu être formés par l'évaporation d'une mer ayant quelques milliers de pieds de profondeur, phénomène qui n'est pas très-aisé à comprendre [1], tandis que M. Fuchs [2] ne partage pas cette opinion et pour expliquer la formation de cette grande masse saline il cherche à concilier l'action de la mer avec celle des sources chaudes, et c'est bien dans un pareil état de choses qu'on retrouvera les réactions les plus variées.

[1] *Revue de géologie* pour 1860, p. 98. *Ann. des Mines*, XX.

[2] Mém. sur le gisement de chlorure de potassium de Stassfurt-Anhalt, *Soc. d'encouragement pour l'industrie nationale*, 1865.

§ 759. Nous venons de passer en revue les diverses roches qui composent le terrain triasique des Alpes, elles sont les mêmes que celles qui le forment dans d'autres pays : La liaison qu'on observe entre la karsténite, le gypse, le soufre, le sel, la dolomie, le calciphyre, le calcaire cipolin et peut-être le quartzite nous indique que l'ensemble de ces roches constitue un même tout, qu'on pourrait nommer le **phénomène triasique.** Nous avons vu qu'il n'a pas manqué de tentatives d'explication pour en dévoiler l'origine. Mais si les réactions chimiques expliquent aisément la plupart des détails de ce phénomène, il est cependant difficile de préciser les circonstances dans lesquelles a dû se produire cet ensemble qui donne à la période triasique une physionomie différente de celle des époques qui l'ont précédée ou qui l'ont suivie.

CHAPITRE XXXII

DU TERRAIN INFRA-LIASIQUE, DU TERRAIN LIASIQUE ET DU TERRAIN JURASSIQUE

I. DU TERRAIN INFRA-LIASIQUE.

§ 760. J'examinerai dans ce chapitre le terrain infra-liasique de la région que j'ai étudiée, sans faire de rapprochement avec les régions voisines; d'autres se sont chargés de ce travail[1]. Il est probable que de nouvelles recherches feront trouver cet étage dans des localités qui me sont inconnues; cependant je l'ai signalé à Matringe

[1] Depuis quelques années il a paru un grand nombre de mémoires et d'ouvrages sur ce sujet, les principaux sont : Stoppani, *Paléontologie lombarde, Géol. et paléontologie des couches à Avicula contorta*, etc., in-4°, Milan, 1860 à 1865 — Jules Martin, *Zone à Avicula contorta ou Etage Rhætien*, in-8°, Paris, 1865. — A. von Dittmar, *Die Contorta-Zone*, etc., in-8°, Munchen, 1864, etc.

(§ 298), au chalet Marmoi (§ 308), au Mont-Fourchu (§ 309), sur les bords de la Dranse (§ 317), à Meillerie (§ 321), à Tréveneuse? (§ 345), à la Frasse (§ 391), au Maroly (§ 400), au col des Fours (§ 563), à Brides (§ 655), à Villarly (§ 658), au col de Varbuche (§ 662) et en différents endroits de la Maurienne.

Les couches qui forment ce terrain sont en général des calcaires de couleur foncée, alternant avec des roches plus ou moins marneuses, peut-être avec quelques couches dolomitiques et rarement avec des grès.

Les idées ont beaucoup varié sur la position qui doit être assignée à l'infra-lias dans la série géologique. M. J. Martin, à la page 202 de l'ouvrage que nous avons cité, a parlé de 93 géologues qui ont eu des opinions diverses sur cette question. Mais la présence des bélemnites (§ 317[1]) et du *métaporhynus* de Matringe dans ce terrain doit, il me semble, le faire regarder comme étant le représentant de la première époque de la longue période qui a vu se déposer le terrain liasique et le terrain jurassique.

§ 761. Je réunis dans le tableau suivant les fossiles de l'infra-lias dont j'ai parlé dans diverses parties de cet ouvrage, et l'on trouvera dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 1864, VIII, 39, un travail de M. Renevier sur les fossiles des couches infra-liasiques de la partie orientale du canton de Vaud qui sont le prolongement de celles de la Savoie.

[1] Musée de Zurich.

Fossiles infra-liasiques.

Noms.	Localités.
Poisson (fragment).	Dr.[1]
Sargodon tomicus.	Mat., Maur?
Acrodus acuminatus.	M.
» minimus.	Maur.
Sphærodus.	Maur.
Hybodus.	Maur.
Gyrolepis tenuistriatus.	Maur.
Saurichtys acuminatus.	M.
Belemnites infra-liasicus, Stop.	Dr.
Chemnitzia.	Mat.
» Sabaudiæ. Stop.	Mat.
» Mortilleti, Stop.	Mat.
» minuscula, Stop.	Mat.
» Valleti, Stop.	Maur.
Acteonina Valleti, Stop.	Mat.
» Pilleti, Stop.	Mat.
Turbo Billieti, Stop.	Mat.
» Pilleti, Stop.	Maur.
» Chamousseti, Stop.	Maur.
Trochus Valleti, Stop.	Maur.
Cerithium Stoppanii, Winkl.	Mat., Maur.
» Lorioli, Stop.	Mat
Pholadomya lariana? Stop.	Mat.
Cardium Philippianum, Dkr.	Me.
Cardita Austriaca? Hauer.	Maur.
Pleurophorus elongatus, Moore.	Me.
Cardinia.	Mat., Dr., F.
Nucula? Meilleriæ, Stop.	Me.
Leda Deffneri, Opp.	Me.

[1] Les abréviations sont : B. = Brides, § 655 ; Dr. = Bords de la Dranse, § 317 ; F. = Mont-Fourchu, § 309 ; Fr. = La Frasse, § 208 ; M. = Maroly, § 400 ; Mau. = Maurienne, § 664 ; Mar. = Chalet Marmol, § 308 ; Mat. = Matringe, § 298 ; N. = Pointe des Neus, 290 ; Me. = Meillerie, § 321 ; T. = Tanninge, § 303 ; V. = Villarly, § 658 ; Va. = Varbuche, § 662.

Noms.	Localités.
Mytilus psilonoti, Quenst.	Mat., Me., Fr., M., Maur. V.
» minutus, Goldf.	Mat.
Posidonomya Favri, Stop.	Mat.
Avicula contorta, Portl.	Mat., Mar., Dr., Me., Fr., Maur., V., Va., F.
» gregaria, Stop.	Mat., Maur.
» præcursor, Quenst.	Mat., Fr.
» inæquiradiata, Stop.	Maur.
Gervillia Wagneri, Winkl.	Mat.
» inflata, Schaf.	Mat., Dr., Fr.
Lima Hettangiensis, Terq.	Me.
» Fisheri, Terq.	Me.
» subradiata, Stop.	Maur.
Pecten Valoniensis, Defr.	Mat., Marm., Me., V., N.
» Loryi. Stop.	Me.
» Massolongi, Stop.	Maur.
» Valleti, Stop.	Mat.
» Favri, Stop.	Mat., Me.
» Falgeri, Mer.	Me.
» Hehlii? d'Orb.	Me.
» Lemanensis, Stop.	Me.
» Heberti, Stop.	Me.
» Mortilleti, Stop.	Me.
Plicatula intrusstriata, Emm.	Mat., Dr., Me., V., F.
» Archiaci, Stop.	Mat., M.
» papyracea, Stop.	Mar.
Ostrea nodosa, Goldf.	Mat., Marm.
» Pictetiana, Mort.	Me., M
» sp.	Mat., Me.
Anomia Revoni, Stop.	Dr., Me.
» Schafhäutli, Wink.	Me., Fr., M., Maur.
» Lemani, Stop.	Me.
Terebratula gregaria, Suess.	Mat., Mar., Dr., Me., Maur.
Spirifer Munsteri, David.	Me.
Pentacrinites[1] Bavaricus? Wink.	Fr.

[1] J'ai trouvé encore des Pentacrinites, qui paraissent identiques à celles

Noms.	Localités.
Metaporhinus Favri, Stop.	Mat.
Rhabdophyllia langobardica, Stop.	Mar.
» sellæ, Stop	T.
Bactryllium striolatum, Hr.	Dr.

II. DU TERRAIN LIASIQUE.

§ 762. Si l'on compare ma carte géologique (1862) avec celles qui ont été publiées antérieurement, on trouvera de grands changements dans la distribution du lias, et je dois avouer que, depuis 1862, mes idées se sont encore quelque peu modifiées. Avant de passer en revue les différentes localités où se montre le terrain liasique, je donnerai une définition de ce que j'appelle les *chaînes extérieures* et les *chaînes intérieures*; cette distinction, qui est arbitraire, nous sera commode dans plus d'une occasion. Nous nommerons *chaînes intérieures* la réunion des montagnes comprises entre la chaîne centrale des Alpes et la chaîne, en majeure partie crétacée, qui s'étend des bords du lac d'Annecy et des environs de Faverges jusqu'à la Dent du Midi. Par opposition, les montagnes situées entre la chaîne crétacée dont je viens de parler et la plaine suisse, feront partie des *chaînes extérieures*. En adoptant cette distinction, on verra que le terrain liasique est mieux caractérisé **dans les chaînes extérieures** des Alpes de la Savoie que dans les chaînes intérieures, à l'exception du col des Encombres (§ 660).

de l'infra-lias, au Mont-Fourchu, sur les bords de la Dranse, au Grammont, à Tréveneuse, à la base du Môle près de St-Jeoire, près de Sommiers (Reposoir), à la Frasse, au Maroly, au col de Balme, au col du Bon-Homme, à Nant-Borant et en face de Villarly sur la rive droite du torrent de Belleville.

Dans les premières, ce terrain est très-développé sur les bords du lac Léman, à Meillerie (§ 321) où il renferme de nombreux fossiles, au Grammont (§ 329), aux frêtes de Pelliouaz (§ 337), sur les bords de la Dranse (§ 317), dans la montagne d'Armone (§ 310) et à l'E. de la vallée de Boëge (§ 293), où il forme une zone qui, du côté du S., se termine à la montagne du Môle (§ 280), localité riche en fossiles liasiques.

Près de là on trouve encore des fossiles de même âge à la Pointe d'Orchex (§ 282) ; mais dans le grand quadrilatère liasique du Chablais, les fossiles manquent presque complétement. Le terrain de cette région a été classé dans le lias, parce qu'il est formé de couches supérieures à celles de l'infra-lias, ayant l'apparence du lias, différentes des roches jurassiques, crétacées ou tertiaires de la Savoie et renfermant quelques bélemnites. On a aussi recueilli des fossiles liasiques à Bex (§ 348).

On trouve encore deux massifs liasiques isolés dans l'intérieur de la grande chaîne crétacée, l'un près du Grand-Bornand (§ 399) et l'autre près de Serraval (§ 390).

§ 763. **Dans les chaînes intérieures,** je ne connais pas de fossiles positivement liasiques trouvés dans les calcaires ou les schistes noirs qui les constituent; il est vrai qu'on en a signalé dans deux localités, mais on l'a fait avec doute. La première de ces localités est Prazon, vallée de Sixt (§ 432), d'où un chasseur de chamois prétend avoir rapporté des gryphées arquées; la seconde est le Mont-Joli (§ 619), où des bélemnites assez mal conservées semblent indiquer la présence du lias, tandis que des ammonites qui en sont voisines dénotent celle du terrain jurassique inférieur. Dans tout le reste de l'espace, compris entre la chaîne crétacée et la chaîne centrale, on n'a pas trouvé un seul

fossile évidemment liasique ; tous ceux qui sont déterminables appartiennent au terrain jurassique inférieur.

J'attachais une assez grande importance à retrouver à la base de l'escarpement des Fiz, du côté de Servoz, les ammonites que M. Brongniart y avait signalées, parce qu'elles sont à une petite distance du terrain triasique; il me semblait que le lias devait se montrer dans cet endroit. Mais, à mon grand étonnement, une ammonite recueillie dans cette localité se rapporte à l'oolite inférieure (§ 426).

Dans la vallée de Chamonix, on ne trouve que des fossiles indéterminables.

Sur le revers S. du Mont-Blanc, le lias est moins étendu que je ne l'ai indiqué sur ma carte; les bélemnites du Mont-Chemin en caractérisent cependant la présence (§ 589). Les rochers du Mont-Fréty, ceux du revers N.-O. du Mont-Chétif et de la montagne de la Saxe sont de la même nature que ceux dans lesquels M. Studer a trouvé une bélemnite (§ 678), tandis que la grande chaîne qui s'étend de Pierre-à-Voir en Valais à Moûtiers, et dont les cimes principales sont celles de la rive droite du val Ferret, de la Grande-Rochaire, du Cramont, du glacier de la Seigne, etc., appartient au terrain triasique (§ 691).

Peut-être au col du Bon-Homme trouve-t-on quelques lambeaux de lias (§ 561), et ce terrain existe bien positivement à Petit-Cœur (§ 633), d'après les fossiles recueillis par M. de Mortillet. Il se trouve au col des Encombres § 660), où il est bien caractérisé. Mais si, en définitive, le lias n'existe qu'en très-petite quantité autour du Mont-Blanc, c'est une ressemblance de plus entre les Alpes savoisiennes et les Alpes bernoises, où les couches en contact avec les roches cristallines appartiennent au terrain jurassique infé-

rieur[1], tandis que les roches liasiques se trouvent dans les chaînes extérieures (Stockhorn).

§ 764. Nous n'avons point trouvé en Savoie d'assise semblable à celle des Schambelen en Argovie, que M. Heer a décrite d'une manière si intéressante et si pittoresque[2]. Dans cette localité, il a observé une couche renfermant de nombreux insectes située au-dessous du calcaire à gryphées, et il a démontré l'ancienne existence d'une île couverte de palmiers, de fougères, de cycadées, d'équisétacées et de bambous, sur lesquels voltigeaient des insectes dont les formes indiquent un climat plus chaud que le climat actuel de la Suisse. Cette île était probablement formée par des roches triasiques ou par des roches plus anciennes. Mais le sol de l'Argovie appartient au Jura plutôt qu'aux Alpes, et quoique les emplacements de ces deux chaînes fussent probablement soumis à cette époque aux mêmes influences, nous ne nous croyons pas autorisé à étendre jusqu'à la Savoie les conséquences si remarquables de l'étude faite par M. Heer dans la localité dont nous venons de parler.

Fossiles liasiques.

765. Fossiles de Champ-Fleuri, au Môle. Voyez § 280.
» du col des Encombres. » § 660.

Les fossiles des autres localités sont les suivants :

[1] M. le professeur Plantamour a trouvé, en 1865, près du sommet du Wetterhorn (3703 mètres), dans l'Oberland bernois, une *Ammonites robustigerus*, non loin du gneiss. *Archives*, 1866, XXVII, 161.

[2] *Zwei geol. Vort.*, par MM. Escher et Heer, Zurich, 1852, in-4°. *Archives*, 1853, XXII, 329; Heer, *Die Urwelt der Schweiz*, 1865, p. 66.

Noms.	Localites.
Belemnites Fournelianus d'Orb.	V.[1]
» umbilicatus, Blainv.	V.
» paxillosus Amalthei, Quenst. ou B. elongatus, Mill.	Ch.
» acutus. Mill.	Pe.
Nautilus semistriatus, d'Orb.	Me.
» Toarcensis, d'Orb.	Ar.
Ammonites Guibalianus, d'Orb.	Me.
» planicosta, Sow.	Me.
» liasicus, d'Orb.	Me.
» Acteon, d'Orb.	Me.
» cornucopiæ? d'Orb.	Me.
» radians, Schl.	Me., Ar., B.
» kridion? Hehl.	Me.
» geometricus, Phil.	Me., P.
» spiratissimus, Quenst.	B.
» Kurrianus, Opp.	B.
» margaritatus, Montf.	B.
» Levesquei? d'Orb.	O.
» Maugenesti, d'Orb.	O.
» Valdani, d'Orb.	O.
» Regnardi, d'Orb.	O.
» fimbriatus, Sow.	O , Mi.
» Jamesoni, Sow.	O.
» bifrons, d'Orb.	On.
» spinatus, Brong.	Ar.
» Bonnardi, d'Orb.	Gr.
» Bucklandi, Sow.	Pe.
Gastéropodes indét.	Gr.
Inoceramus, Falgeri, Mer.	Ar.
Avicula inæquivalvis, Goldf.	P.

[1] Abréviations : Ar. = Armone, § 310; B. = Bex, § 348; Ch. = Mont-Chemin, § 589; Gr. = Grammont, § 329; Ma. = Col de la Madeleine, § 657 et 738; Me. = Meillerie, § 321; Mi. = Miribel, § 293; N. = Mont-Niélard, § 658; O. = Pointe d'Orchex, § 282; On. = Val d'Onion, § 290; P. = Pelliouaz, § 337; Pe. = Petit-Cœur, § 633; Si. = Sixt, § 432; V. = Vinz, § 289.

Noms.	Localités.
Avicula.	Gr.
Lima punctata, Desh.	B.
» ind.	Me.
Pecten.	Me.
Ostrea Pictetiana, Mort.	Gr.
Gryphea arcuata, Lam.	Si., B.
» cymbium, Brong.	N.
Rhynchonella Moorei? Dav.	Gr.
» plicatissima, Quenst.	B.
Ind.	Gr.
Terebratula subpunctata, Dav.	V., Mi.
» numismalis, Dav.	Gr.
Spiriferina verrucosa, d'Orb.	Gr.
Pentacrinites basaltiformis, Ag.	Gr.
Chondrites bollensis, Ziet.	Pe.
» — var. elongatus, Kurr.	Ma.
» filiformis, Fish.	Ma.
Odontopteris cycadea, Brong.	Ma.

III. DU TERRAIN JURASSIQUE.

§ 766. La superposition du terrain jurassique fossilifère à l'étage du lias est difficile à observer dans la région que j'ai décrite.

Dans les **chaînes intérieures**, les roches qui appartiennent à l'oolite inférieure (étages bajocien et bathonien), à l'étage callovien ou à l'étage oxfordien sont très-développées. Elles occupent un large espace dans la vallée de Mégève, et forment le Mont-Joli (2540 mètres); elles constituent de très-hautes montagnes plus au N.-E.: au Buet (3117 m.), aux Tours Sallières (3227 m.) et à la Dent du Midi (3185? m.).

Les couches de ces trois ou quatre étages se confondent entre elles par leur nature minéralogique. Elles sont toutes

composées de schistes argileux noirs plus ou moins voisins de l'ardoise, de calcaires gris ou noirâtres plus ou moins schisteux et de grès de couleur foncée. Souvent les contournements des couches sont si considérables (Arpennaz § 408, Faucilles du Chantet § 427, la Giettaz § 614), qu'on ne peut reconnaître la véritable position des terrains; aussi ne nous a-t-il pas été possible de déterminer avec exactitude l'âge des amas de fer de la vallée de Sixt (§ 440 [1]). Ces difficultés sont telles qu'on ne peut guère établir de divisions dans les roches qui séparent le terrain triasique du terrain néocomien, même dans les plus grands escarpements, tels que ceux des Fiz ou du Mont-Joli (§ 619). Dans cette dernière montagne cependant, la couche du sommet est plus calcaire que celle de la partie moyenne. Il semblerait donc qu'on peut arriver ici à distinguer les étages; mais le peu de données paléontologiques qui ont été recueillies indique une superposition complète du lias à l'oolite inférieure; or, comme on ne voit aucun contournement, on arrive à une conclusion peu satisfaisante. Par conséquent, je crois qu'on ne peut, pour le moment, établir de distinction suffisamment motivée, ni dire jusqu'à quel point les fossiles de l'oolite inférieure et ceux de l'étage callovien et de l'étage oxfordien sont séparés les uns des autres dans les chaînes intérieures; aussi les réunirai-je en une seule liste. On pourra voir, en cherchant les localités d'où ils proviennent, la position dans laquelle ils ont été recueillis. Je donnerai une note distincte pour les fossiles jurassiques des chaînes extérieures.

[1] M. Albanis Beaumont a donné quelques détails sur cette vallée, *Bull. Soc. d'encouragement*, 1809, VIII, n° LVIII, 97.

§ 767. *Fossiles jurassiques situés dans l'intérieur de la chaîne crétacée et entre celle-ci et la chaîne centrale des Alpes.*

Noms.	Localités.
Belemnites hastatus, Bl.	T.[1] A. P. Ta. G. B. M.
» excentricus, Bl.	A.
» niger? List.	J.
» indét.	R.
Nautilus indét.	A.
Ammonites Parkinsoni, Sow.	Gi. B. P. S.
» macrocephalus, Schl.	Ta.
» Murchisonæ, Sow.	Se. J. Ma. B?.
» viator? d'Orb.	Ta.
» anceps, Rein.	M.
» athleta, Ph.	Ta. M.
» hecticus, Hartm.	M.
» refractus, d'Orb.	M.
» lunula, Ziet.	Ta. M. B. G.
» Bakeriæ, Sow.	R. G. Pl. Ta.
» Lamberti, Sow.	A. M.
» oculatus, Bean.	T.
» tatricus, Pusch.	B. M.
» Zignodianus, d'Orb.	Ta. A. M. G.
» plicatilis, d'Orb.	T. S. A. M. Tan.
» tortisulcatus, d'Orb.	G. M.
» pictus, Ziet.	T.
» Sowerbyi, Mill.	Ma.
» opalinus? Rein.	Ma.
» scissus, Ben.	Ma. J.
Aptychus lamellosus, Munst.	G. Ar. T. Bou.
» latus, Munst.	T.

[1] Abréviations: A. = Col d'Anterne, § 361; Ar. = Aravis, § 614; B. = Bat. § 473; Bou. = Bouchet, § 373; Fl. = Fleuriers, § 433; G. = Col du Gonnairon, § 476; Gi. = La Giétaz (Aravis), § 395; M. = Moveran, § 480; Ma. = Col de la Madeleine, § 657; P. = Péruaz, § 439; Pl. = Platet, § 417; R. = La Ripaz, § 408; S. = Sambet, § 433; Se. = Servoz, § 426; T. = Talloires, § 378; Ta. = Col de Taneverge, § 479; Tan. = Pointe de Taneverge, § 479.

Noms.	Localités
Lucina Bellona, Lyc. et Mor.	P.
Posidonomya.	Ma.
Chondrites inæqualis, Heer.	G.
» setaceus, Heer.	G.

§ 768. Je rappellerai encore qu'on a trouvé **à la Mayaz** dans le voisinage du Mont-Blanc (§ 581), des *Cidaris Parandieri*, Ag., et des *Cidaris propinqua*, Munst., qui ont vécu durant une partie de l'époque jurassique moins ancienne que celle des fossiles précédents; peut-être à l'époque corallienne.

§ 769. On rencontre aussi dans le terrain jurassique du voisinage de la chaîne centrale des fossiles indéterminables comme espèce, mais qui se rapportent au genre **bélemnites**. On en connaît dans les localités suivantes : Aiguilles Rouges § 468, col de Balme § 519, Côte du Piget § 508, Mont-Lacha § 549, montagne de Tricot § 554, Nant-Borant § 558, la Rosselette § 560, col du Bon-Homme § 561, col des Fours § 564, l'Enclave du Mont-Jovet § 565, col de la Seigne (?) § 566, montagne de la Saxe § 577, Mont-Chemin § 589, Saillon § 485, col Joli § 621, la Giettaz (Aravis) § 614, Praz (Arêche) § 643, Naves § 633, la Louzière des Bois § 646, Villette § 642, le Petit-Cormet § 627, diverses parties de la Maurienne, etc.

§ 770. Le **terrain jurassique inférieur** paraît représenté dans les **chaînes extérieures** des Alpes par le calcaire pétri de pentacrinites dont j'ai indiqué la présence au Mont-Fourchu (§ 309), au sommet de Billiat (§ 313), au Sex de la Vernaz (§ 317), au Môle? (§ 278), etc. Mais je n'ai pu trouver dans cette roche aucun fossile déterminable[1]. Dans les schistes marneux et dans les calcaires qui

[1] MM. Thiollière et Fournet ont nié la présence de l'étage bajocien

reposent sur le calcaire à pentacrinites on connait les fossiles suivants :

Fossiles des étages jurassiques inférieur et moyen situés à l'extérieur de la chaine crétacée.

Noms.	Localités.
Belemnites hastatus, Bl.	Ch.[1]
» Sauvanausus, d'Orb.	V.
» Didayanus, d'Orb.	V.
Toxoceras ?	Vi.
Ammonites plicatilis, d'Orb.	M. Chat. Mô. S. Ch. C. V.
» Adelæ. d'Orb.	V.
» Erato, d'Orb.	V. Mô.
» oculatus, Bean.	V.
» Hommairei, d'Orb.	Vi.
» tatricus, Pusch.	V. S.
» tortisulcatus, d'Orb.	V. S. Mô.
» Achilles ? d'Orb.	S.
» Pottingeri, Sow.	Vi.
» Toucasianus, d'Orb.	Ch.
» Bakeriæ, d'Orb.	L.
» lunula ? Ziet.	V.
» tripartitus, Rasp.	Leu. M.
» Humphresianus, Sow.	Leu.
» linguiferus, d'Orb.	Leu.
Posidonomya alpina, A. G.	Vi. Leu.
Aptychus lamellosus, Park.	M. V. Chat. Mô.
» latus, Park.	V. Chat. Mô.

dans les Alpes (Aperçu historique. Etudes sur les Alpes, comprises entre le Valais et l'Oisans. *Mém. de la Soc. d'Agric. de Lyon*, 1849, I). Cette assertion laisse beaucoup de doutes dans l'esprit de M. Alb. Gras (*Mém. de la Soc. de stat. du départ. de l'Isère*, II, 47). Il me semble que nous indiquons ci-après quelques fossiles qui dénotent tout au moins la présence de l'oolite inférieure dans les Alpes.

[1] Abréviations : C. = Cornette, § 330 ; Ch. = Charmettes, § 295 ; Chat. = Château de Faucigny, § 273 ; L. = La Vernaz, § 317 ; Leu. = Leucoc. § 323 ; M. = Mémise, § 340 ; Mô. = Môle, § 273, 274 ; S. = Sur le Mont. § 294 ; V. = Voirons, § 266 ; Vi. = Viuz, § 289.

Noms.	Localités.
Terebratula nucleata, Schl.	V.
» diphya (janitor, Pict.)	V.
» labiata, d'Orb.	Mô.
Disaster.	Mô.

§ 771. Je rappellerai qu'il existe encore en Savoie une localité, celle de **Chanaz**, sur les bords du Rhône près de Seyssel, qui est intéressante par les fossiles calloviens qu'on y rencontre. Quelques géologues s'en étant déjà occupés[1], je n'indiquerai ici que ceux qui ont été déterminés dans ma collection par M. Oppel.

Belemnites hastatus, Bl.
Ammonites Herveyi, d'Orb.
» anceps, Rein.
» Bakeriæ, Sow.
» macrocephalus, d'Orb.
» lunula, Ziet.
» Kœnigii, Sow.
» Toricelli, Opp.
» Rehmanni, Opp.
Ammonites tortisulcatus, Opp.
» Adelæ, d'Orb.
» hecticus, Hart.
» bullatus, d'Orb.
» Bombur, Opp.
» coronatus, d'Orb.
» Trigeri, Deslong.
» tumidus, Ziet.
» plusieurs espèces.

En fait d'oursins, je possède :

Collyrites elliptica, Des M.
» analis, Des M.
Pseudodiadema lenticulatum, Des.
Holectypus Ormoisianus, Cott.

On trouve encore à Chanaz des gastéropodes, des acéphales et des brachiopodes.

§ 772. Une autre localité riche en fossiles semblables à ceux des Voirons est celle de **Châtel-St-Denis**, dans la

[1] *Mém. de la Soc. royale Acad. de Savoie*, XI, p. xxiv. MM. Pillet et Girod, *Mém. de l'Acad. roy. de Savoie*, 2e série, II. De Mortillet, *Géol. et Minér.* Ebray, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1864, XXI, 224.

vallée de la Veveyse. M. Ooster en a déterminé les fossiles[1], et M. Oppel a reconnu dans ma collection l'*Ammonites acanthicus*, Oppel (*Mittheil.*, p. 219), de la zone à *A. tenuilobatus.*

On sait que, d'après M. Oppel, ce terrain devrait être classé non pas dans l'étage oxfordien, mais dans le terrain jurassique supérieur.

§ 773. Les autres terrains jurassiques de la Savoie qui paraissent plus récents sont les **roches coralliennes du mont Salève**, dont j'ai déjà indiqué la faune (§ 217, 247), et les **roches kimméridiennes du Chablais.** Les premières sont isolées et ont beaucoup de rapport avec celles du Jura; les secondes sont formées d'un calcaire gris solide, occupant une zone qui traverse à peu près le massif du Chablais, de St-Gingolph et de Vouvry en Valais jusqu'à Mieussy dans la vallée du Giffre. Ce calcaire constitue des montagnes arides et souvent élevées, dont les principales sont les Dents d'Oche, le Mont-Chauffé, Tréchauffé près de la Forclaz, le Niflon près de Bellevaux, le roc de Don près St-Jeoire, etc. J'ai encore quelques doutes sur l'âge de la formation de ce calcaire, quoique j'aie trouvé au Mont-Chauffé, à Arbon et à Combre un certain nombre **d'êtres organisés de l'époque kimméridienne** (§ 331). J'ai recueilli encore quelques fossiles de cet âge sur le Vorassex (*Rhynchonella trilobata*, Munst., § 334), au chalet de Chavan (*Belemnites*, *Mytilus jurensis*, *Lima Monsbeliardensis*, § 296) et au col de Vernaz (§ 330).

§ 774. Cet étage jurassique supérieur renferme une couche d'une espèce de houille, dont j'ai donné l'analyse (§ 336); elle est assez répandue pour être un caractère

[1] *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1858 à 1860, VI, 50.

important de ce terrain et pour avoir donné lieu à des tentatives d'exploitation. On la voit à Combre, à La Calla § 330, au Mont-Chauffé § 331, à Orlay de Fontaine § 335, à Arbon § 336, à Fiogère § 337, à Novel § 338, à Mémise § 340, à Rochefort § 314, etc.

§ 775. A une petite distance de la rive droite du Rhône, on trouve à Vergny, sur la route d'Aigle aux Ormonts, le prolongement du terrain kimméridien du Chablais; il renferme les fossiles suivants [1] :

Pterocera.
Pholadomya Protei, Defr.
Ceromya excentrica, Agas.
Mytilus subpectinatus, d'Orb.
» subæquiplicatus, Goldf.
» jurensis, Mer.
Lima astartina, Thurm.
» Monsbeliardensis ? Contej.
Pecten lamellosus, Sow.
Ostrea Monsbeliardensis, Contej.
Ostrea solitaria ou semisolitaria, Etal.
» Cotyledon, Contej.
Rhynchonella inconstans? Sow.
» trilobata, Munst.
Terebratula.
Hemicidaris alpina? Ag.
Pentacrinites.
Une feuille de Chenis falcata de 700 millim. de longueur.

§ 776. Il est à remarquer que la faune oxfordienne, en particulier celle des Voirons, et la faune corallienne du Salève sont toutes deux situées immédiatement au-dessous de l'étage néocomien. Elles forment donc la partie supérieure du terrain jurassique dans cette région. Un peu plus à l'E., la faune kimméridienne du Mont-Chauffé occupe aussi la partie supérieure du terrain jurassique, par conséquent, on est en droit de demander aux paléontologistes si ces trois faunes sont contemporaines et si elles ont été ensevelies dans des roches déposées à une seule époque. Il est possible qu'à la fin de l'époque jurassique le mont

[1] La plupart des déterminations ont été faites par M. le professeur Renevier, *Bull. Soc. vaudoise des Sc. nat.*, III, 137; VII, 163.

Salève fût un récif de coraux habité par de nombreux mollusques ; qu'à ce moment la faune dite oxfordienne des Voirons, de la base du Môle et de Sur-le-Mont, qui renferme beaucoup de céphalopodes, vécût en mer à une certaine distance de la côte, tandis que la faune du Chablais que j'ai appelée kimméridienne, dans laquelle les myes, les moules, les vénus, les huîtres et les brachiopodes abondent, fût établie sur une plage vaseuse où se déposaient les bois qui ont formé le combustible dont j'ai parlé. S'il en a été ainsi, nous devons réunir en un seul étage les trois facies si différents du terrain jurassique supérieur de cette région de la Savoie.

CHAPITRE XXXIII

DU TERRAIN CRÉTACÉ

I. GÉNÉRALITÉS.

§ 777. Le terrain crétacé, qui est très-développé dans le Jura, passe sous les formations tertiaires et quaternaires du bassin du Léman, se relève au Salève, plonge de nouveau sous le massif tertiaire des Bornes, et revient à la surface du sol dans les grandes montagnes situées à l'E. du lac d'Annecy. La zone qu'il y occupe est fort large, mais en la suivant à l'E., on voit qu'elle se termine en pointe à la Dent du Midi, au-dessus de St-Maurice en Valais. Il se montre aux Voirons et au Môle, sur le bord du massif du Chablais, sans pénétrer dans l'intérieur.

Il me paraît incontestable, comme je l'ai dit (§ 486, 609), que le terrain crétacé s'est étendu du côté de la chaîne cen-

trale, au delà de la ligne qui passe par le Mont-Charvin, la Pointe-Percée, les Fiz et la vallée de Sixt; car s'il n'en avait pas été ainsi, le grand escarpement situé sur cette ligne coïnciderait avec les rivages des différents étages de cette formation, ce qui est inadmissible. Il en a été de même pour le terrain nummulitique, dont le rivage n'a certainement pas été superposé à ceux des étages crétacés. Par conséquent, on peut admettre que les terrains crétacés et nummulitiques se sont déposés sur les emplacements occupés par la vallée de Mégève, par les Aiguilles Rouges, par le Mont-Blanc lui-même, et qu'ils en ont été emportés. Mais jusqu'où se sont-ils étendus? Les points les plus rapprochés où ils se montrent de l'autre côté des Alpes sont les environs de Varèse et ceux de Turin. Peut-on croire que la mer qui les déposait en Savoie s'étendît aussi loin sans interruption? Nous n'avons pas, il nous semble, de données suffisantes pour répondre à cette question. Cependant, quoique cette hypothèse soit admissible, il nous paraît plus probable que la surface du sol sur laquelle les Alpes ont surgi, était déjà fortement accidentée avant l'apparition de cette chaîne; nous en avons pour preuve l'inégale distribution du terrain houiller.

Passons maintenant en revue les divers étages du terrain crétacé.

II. DE L'ÉTAGE VALANGIEN ET DE L'ÉTAGE NÉOCOMIEN.

§ 778. Le terrain néocomien n'a été reconnu que peu à peu et lentement; son épaisseur et son étendue à la surface du globe ont fait comprendre qu'il représente une époque importante de l'histoire de la terre. On peut faire

remonter à de Saussure l'idée de séparer ce terrain de celui sur lequel il repose [1]. « Je me contenterai, dit-il, d'indiquer « sur ce sujet deux observations que je crois nouvelles et « qui me paraissent de quelque importance. L'une, que le « cœur ou la partie intérieure des montagnes du Jura, sur- « tout de celles qui sont les plus voisines des Alpes, est « une pierrre grise, dure et compacte, tandis que les cou- « ches extérieures sont composées d'une pierre jaunâtre, « dont le tissu est lâche et peu solide. » Plus tard, en 1803, L. de Buch apporta plus de précision dans cette séparation [2]. M. Élie de Beaumont donna aussi de bons motifs à l'appui de cette même idée [3], qui fut complétement admise depuis le travail de M. de Montmollin [4]. M. Thurmann, enfin, baptisa du nom *d'étage néocomien* le groupe de couches qui venait d'être séparé du terrain jurassique [5], et M. Studer en reconnut la présence dans les Alpes [6].

§ 779. Quelques naturalistes avaient remarqué que les couches inférieures du terrain néocomien présentent une apparence particulière [7]. M. Desor a opéré un nouveau démembrement en les séparant du terrain néocomien, en les désignant sous le nom *d'étage valangien* [8] et en montrant, surtout par l'étude des oursins [9], qu'elles renferment des fossiles spéciaux.

[1] *Voyages*, 1779, § 348, 349, 357, 392.

[2] Catalogue d'une collection de roches qui composent les montagnes de Neuchâtel, § 40.

[3] *Ann. des Sc. nat.*, 1829, XVIII, 21.

[4] *Mém. de la Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, I, 49.

[5] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1836, VII, 209.

[6] *Id.*, 1838, IX, 434.

[7] J'avais fait cette distinction dans mes considérations géologiques sur le mont Salève, 1843, p. 29.

[8] *Bull. Soc. des Sc. nat. de Neuchâtel*, 1854, III, 172. Voyez aussi le travail de M. Tribolet, ibid., 1857, IV, 203.

[9] *Synopsis*, 1858, p. LV.

Dans la région que j'ai étudiée, l'étage néocomien est très-répandu, mais l'étage valangien ne se trouve qu'au mont Salève (§ 219) : il y est recouvert par le néocomien qui présente le *facies jurassien*, et l'on y voit aussi l'étage urgonien. Grâce aux travaux de M. de Loriol, j'ai pu donner de nombreux détails sur la faune de ces divers groupes de couches.

Aux Voirons (§ 262, 265, 267), le terrain crétacé est tout autre. L'étage valangien et l'étage urgonien manquent : le terrain néocomien y présente des caractères et des animaux fossiles si différents de ceux du Salève, qu'il a fallu lui donner une désignation spéciale : on l'a nommé *terrain néocomien alpin*.

Probablement qu'au temps néocomien il en était de même qu'au temps jurassique : le Salève était encore une partie du littoral de l'Océan ou un banc de coraux, tandis que les eaux profondes de la mer recouvraient les Voirons.

Au Môle (§ 274), le néocomien présente une faune et des caractères semblables à celui des Voirons.

Enfin, dans la grande chaîne crétacée de la Savoie, on n'a jamais reconnu la présence de l'étage valangien. Le terrain néocomien y affleure sur un grand nombre de points, en présentant plutôt l'aspect *jurassien* que l'aspect *alpin* (sauf peut-être au Pont-St-Clair (§ 383).

La puissance de l'étage valangien et de l'étage néocomien réunis peut être évaluée à 150 mètres environ au mont Salève ; mais dans l'intérieur des Alpes de la Savoie, je crois que l'étage néocomien seul atteint 240 ou 260 mètres (§ 409).

§ 780. Le tableau suivant indique non-seulement les fossiles du terrain néocomien, mais encore les principales localités où ce terrain arrive à la surface du sol.

Fossiles de l'étage valangien.

Au mont Salève, voyez § 222, 248.

Fossiles de l'étage néocomien.

Au mont Salève, voyez § 225 et 249 [1].
Aux Voirons, » § 262, 265, 267.

Noms.	Localités.
Pycnodus.	V. [2]
Belemnites pistilliformis, d'Orb.	V. S^t.
» latus, Bl.	V.
» binervius, Rasp.	S^t.
» minaret, Duv.	S^t.
» dilatatus, Bl.	S^t.
» ind.	V. O.
Nautilus neocomiensis, d'Orb.	V.
» pseudo-elegans, d'Orb.	S^t.
Ancyloceras Duvalii, Lev.	M. S^t.
» Emerici, d'Orb.	S^t.
Ammonites radiatus, Brug.	S^t.
» subfimbriatus, d'Orb.	S^t. M.
» Rouyanus, d'Orb.	M.
» Astierianus, d'Orb.	M.
» ligatus, d'Orb.	M.
» difficilis, d'Orb.	M.
» Thetys, d'Orb.	M.

[1] On peut ajouter le *Pycnodus Munsteri* Ag. cité dans la *Paléontologie suisse*, I, 64.

[2] Abréviations : An. = Annecy, § 385 ; B. = Col de Balafras, § 361 ; Ba. = Ballajou, § 365 ; Bel. = Château de Bellegarde, § 409 ; b. = Petit Bornand, § 363 ; C. = Cornillon, § 367 ; Ch. = Chamoule, § 356 ; ch. = Champ-Laitier, § 368 ; D. = Dents-Blanches, § 437, 440 ; E. = Entreverne, § 385 ; G. = Grande-Fourclaz, § 397 ; M. = Môle, § 274 ; Me. = Meiry, § 402 ; Mi. = Dents de Midi, § 443 ; O. = Odaz, § 434 ; P. = Parmelan, § 370 ; S. = Samoëns, § 430 ; St. = Pont-St.-Clair, § 383 ; T. = Thorens, § 368, 373 ; Th. = Balme de Thuy, § 374 ; To. = Tournette, § 375 ; V. = Montagne de Veyrier, § 381 ; Ve. = Vérossaz, § 447.

Noms.	Localités.
Ammonites cryptoceras, d'Orb.	M. V. S[t].
» bidichotomus, Leym.	M.
» Gevrilianus, d'Orb.	b
» ind.	P.
Aptychus angulicostatus, Pictet.	M.
» Didayi, Coq.	M.
Nerinea.	S[t].
Pleurotomaria.	S[t].
Panopea neocomiensis, d'Orb.	V.
Pholadomya elongata Munst.	An.
Mytilus Carteroni ? d'Orb.	V.
» æqualis, d'Orb.	V.
Nucula.	P.
Trigonia caudata, Ag.	V.
Janira atava (Rœmer), d'Orb.	P.
Lima Royeriana, d'Orb.	V.
»	P. V.
Pecten Goldfussii, Desh.	V.
Plicatula.	V.
Fimbria corrugata, Pict. et C.	S[t].
Ostrea macroptera.	To.
» Couloni, d'Orb.	Ch T. ch. P. Th. V. O. D.
Terebratula.	V. S[t].
» diphyoides, d'Orb.	M.
Rhynchonella lata.	P. V. D.
» ind.	V. S[t].
Echinospatagus cordiformis, Brey.	Ch. B. C. T. ch. P. Th. To V. Bel S. D. G. Ba. E. Ve.
» Collegnoï ? d'Orb.	Me
» neocomiensis d'Orb.	To.
Echinobrissus Ebrayi, Cot.	To.

III. DE L'ÉTAGE URGONIEN.

§ 781. Ce fut M. Al. d'Orbigny, si je ne me trompe, qui fixa d'une manière précise la position de ce terrain, en le désignant d'abord sous le nom de première zone de Rudistes[1]. Peut-être ai-je contribué (§ 209, 210) à identifier ce terrain avec le calcaire à hippurites[2], que quelques géologues suisses, et en particulier M. Studer, avaient déjà reconnu dans diverses parties de la Suisse.

Le calcaire qui forme la plus grande partie de cet étage est dur et cassant; il fournit souvent des marbres (au pied du Jura). On a remarqué, avec justesse, qu'il prend une teinte de plus en plus foncée à mesure qu'il se rapproche de la chaîne centrale[3]: il est presque blanc dans le Jura, jaunâtre au Salève, gris sur les bords du lac d'Annecy et presque noir au passage des Tines, près de Samoëns (§ 429).

Quand le terrain urgonien existe dans un district, il lui donne une apparence particulière, parce qu'il forme en général des crêtes de montagnes élevées et arides, telles que Sous-Dinaz, le Parmelan, le Brezon, l'Eschaut, les Vergy, les Déserts de Platet, etc. Mais lorsqu'il a été emporté sur quelques points de ces crêtes élevées et que le terrain néocomien est à découvert, la végétation, qui est toujours établie sur ce dernier, permet de le distinguer du précédent, même de loin.

J'ai évalué l'épaisseur du terrain urgonien des Alpes de la Savoie à environ 260 mètres (§ 409).

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1842, XIII, 153.
[2] D'Archiac, *Hist. des progrès de la géologie*, IV, 574.
[3] De Mortillet, *Min. et géol de la Savoie*.—Chamousset, *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.*, 1845, p. 100.

§ 782. Les principaux fossiles trouvés dans les parties de la Savoie et de la Suisse que j'ai décrites, sont les suivants :

Pour les fossiles du mont Salève, voyez § 228, 250[1].

Noms.	Localités.
Nerinea Renauxiana, d'Orb.	Pl. An.* (?) Mag. Bo?
» Chamoussetti, d'Orb.	P.
» Coquandiana, d'Orb.	To.* Pl.*
» Vogtiana, de Mort.	An.*
» ind.	Bo.
Natica Mastoidea, Pict. et C.	An.*
Pleurotomaria truncata, Pict. et C.	An.*
Pterocera pelagi, d'Orb.	An.* A.
Panopea Cottaldina ? d'Orb.	An.*
» arcuata, Ag.	An.*
» irregularis, d'Orb.	An.*
Pholadomya scaphoïdes, Pict. et C.	An.*
Janira atava, d'Orb.	An.*
Caprotina ammonia, d'Orb.	E. Th. F. Ve. Cl. An. Cl. S. M. T. Ti.
» Lonsdalii, d'Orb.	T. Ve. Sa. S[t]. An.
» Grasiana, Mort.	An.
Radiolites neocomiensis, d'Orb.	A. B. V. E. Th. Ve. An. F.

[1] Aux fossiles du mont Salève on peut ajouter l'*Echinobrissus alpinus* d'Orb. et l'*E. Nicoleti* d'Orb. indiqués dans la *Paléontologie française*, VI. 399.

Abréviations : A. = Mont d'Anday, § 356; An. = Annecy, § 385; B. = Brezon, § 357; Bo. = Bonnavaux, § 442; Cl. = Cluses, § 403, 407; E. = Eschaut, § 358, 359, 360; F. = Fiz, § 408; M. = Dent de Midi, § 443; Mag. = Magland, § 409; P. = Parmelan, § 371; Pl. = Plaine de Rocailles, § 138. Po. = Pont St-Clair, § 383; S. = Samoëns, § 408, 421, 429; Sa. = Sales, § 420; St. = St-Maurice, § 447; T. = Thônes, § 374; Th. = Balme de Thuy, § 374; Ti. = Tines, § 429; V. = Vougy, § 356; Ve. = Montagne de Veyrier. § 381. Les localités marquées * sont tirées des *Matériaux pour la Paléont. suisse* de M. le professeur Pictet.

Noms.	Localités.
Terebratula sella, Sow.	An.
Rhynchonella lata, d'Orb.	Ve. An.
Pygaulus Desmoulini, Ag.	B. An.
» depressus, Ag.	Po. An.
Botryopygus cylindricus, Des.	P.
Heteraster oblongus, d'Orb.	An. A.
Echinobrissus Roberti. d'Orb.	Po. An.
Pyrina.	Po.

IV. DE L'ÉTAGE APTIEN.

§ 783. Ce terrain se trouve par lambeaux épars à la surface du terrain urgonien ; il est souvent composé de marne jaune ou noire et quelquefois aussi de calcaire. Il ne joue aucun rôle dans l'orographie du pays, quoiqu'il soit assez répandu, comme on peut le voir d'après les localités indiquées dans le tableau suivant :

Noms.	Localités.
Belemnites semicanaliculatus, Bl.	Pl.[1]
» Grasianus? Duv.	Pl.
Nautilus Neckerianus, Pict. et R.	Pl.
Ammonites Milletianus, d'Orb.	Pl.
» Cornuelianus, d'Orb.	Pl.
Pterocera pelagi, Brong.	P. An. St.
Pleurotomaria.	P.
Pholadomya pedernalis, Rœm.[2]	An.
Cyprina?	Pl.

[1] Abréviations : An.=Annecy, § 385 ; Av.=Avoudruz, § 433 ; B.=Bossetan, § 435 ; C.=Col de Coux, § 441 ; G.=Col de Golèze, § 441 ; M.= Dent du Midi, § 433 ; P.= Parmelan, § 371 ; Pl. = Planet, § 360 ; S. = Sardonnière, § 436 ; St.=Pont St-Clair, § 383 ; V.= Vergy, § 362 ; Ve.= Montagne de Veyrier, § 381.

[2] Malgré la note de la page 198 du t. II, cette espèce se trouve dans les environs d'Annecy.

Noms.	Localités.
Janira Morrisi, Pict.	P.
» atava? Rœm.	St.
Pecten Dutemplei? d'Orb.	Pl.
Lima.	Pl.
Plicatula inflata, Sow.	Pl.
Ostrea aquila, d'Orb.	V. M. C.
» Boussingaultii, d'Orb.	Pl. St.
Rhynchonella Gibbsiana, Sow.	Pl. P.
» lata, d'Orb.	C.
Terebratula biplicata, Brocc.	Pl.
» sella, Sow.	St.
» Moutoniana? d'Orb.	P.
Toxaster Brunneri? Mer.	St.
Heteraster oblongus, Ag.	P. Ve. St. G.
Orbitolina conoidea, Alb. Gras.	P. St.
Orbitolites lenticularis, Blum.	Av. B. M. C. G.

V. DE L'ÉTAGE DU GAULT OU DU GRÈS VERT (TERRAIN ALBIEN).

§ 784. Le gault est bien caractérisé, quoique souvent les limites supérieures et inférieures en soient mal tracées : il est en général composé de calcaire noir pétri de petits grains de silicate de fer ou glauconie d'un noir verdâtre. M. Ehrenberg a reconnu que des grains semblables, mais provenant d'autres localités, contenaient des fossiles microscopiques, des polythalames[1] : dès lors, il n'y aurait rien d'improbable à ce que les grains ferrugineux du gault de la Savoie renfermassent aussi des animaux de cet ordre. On trouve dans le gault des schistes argileux noirs, des grès blancs, etc. : j'ai donné d'assez nombreuses coupes

[1] *Institut*, 1855, p. 93.

de ce terrain pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en reproduire.

Les roches qui le forment sont peu solides et ne peuvent résister à l'action des agents atmosphériques, en sorte qu'on le trouve très-rarement sur les arêtes des montagnes. Comme le terrain aptien, il semble vouloir se cacher dans les plis et les dépressions du terrain urgonien. La puissance du gault est faible; rarement il atteint 10 à 15 mètres d'épaisseur; ordinairement la couche fossilifère n'est que de 50 centimètres à 1 mètre, et malgré cette faible puissance, la faune en est très-riche. L'aspect particulier qu'elle présente n'avait pas échappé à de Saussure[1], et ce fut en déterminant les fossiles qu'elle renferme que Brongniart opéra une vraie révolution dans la science (§ 423).

On a recueilli dans quelques localités des fossiles peu nombreux, qui paraissent appartenir à un étage crétacé supérieur au gault; tels sont les *Ammonites falcatus*, Mant., *A. varians*, Sow., *Turrilites Bergeri*, Brong., *T. tuberculatus*, Bosc., *T. Scheuchzerianus*, Bosc.; mais tout en ayant signalé dans les Alpes, sous le nom de craie, un étage supérieur au grès vert, je pense que ces fossiles ont été trouvés dans le gault. La présence de ces animaux dans ce terrain est un nouvel exemple de l'association de fossiles qui sont, en général, situés dans des couches distinctes, mais voisines.

§ 785. L'inspection de la carte géologique indique suffisamment les divers affleurements du terrain du gault, et les abréviations jointes au tableau suivant font connaître les noms des localités les plus riches en débris organiques.

[1] *Voyages*, § 284.

Fossiles du gault.

Céphalopodes.

Noms.	Localités.
Belemnites minimus, List.	S. R. B. Bœ. M. T.[1]
Nautilus Saussureanus, Pict.	S.
» albensis, d'Orb.	R.
» Bouchardianus, d'Orb.	S. R. B. C. G.
» Clementinus, d'Orb.	S. R. B. Si.
» Montmollini, Pict. et C.	S. Bœ. G.
Ammonites Velledæ, Mich.	S. R. B. G. Sa.
» Beudanti, Brong.	S. R. B. C. F. T. G.
» Dupinianus, d'Orb.	S. R. B. C. F. G.
» Mayorianus, d'Orb.	S. R. B. C. F. Bœ. Si. G. T.
» Timotheanus, May.	S. R. T. G. C.
» latidorsatus, Mich.	S. R. B. F. T. G. C.
» Jallabertianus, Pict.	S. G.
» Agassizianus, Pict.	S. B. G.
» Bonnetianus, Pict.	S.
» Milletianus, d'Orb.	S. R. B. C. F. Si. G. Bœ.
» Dutempleanus, d'Orb.	S. R. G.
» subalpinus, d'Orb.	S. R. Bœ. G.
» sulcifer, Pict. ou Alexandrinus, Pict.	S.
» Cornuelianus, d'Orb.	S.
» falcatus, Mant.	R. G.
» Guersanti, d'Orb.	S.
» auritus, Sow.	S. R. F.
» Raulinianus, d'Orb.	R. F. C. B. G.
» interruptus, Brong.	S. R. F. C. B. G.

[1] Abréviations : B.=Bossetan, § 485, 487; Bœ.=Montagne des Bœufs ou de Pertuis, § 372; b.=Petit-Bornand, peut-être Teine, § 366; C.=Criou, § 431; Cl.=Cluses, § 405; F.=Fiz, § 424; Fl.=Flaine et l'Enne, § 413, 414; G.=Goudinière et Grand-Bornand, § 362; L.=Pierre aux Loups ou Glacière du Brezon, § 359; M.=Dent du Midi, § 448; R.=Reposoir, § 441; S.=Saxonet, § 359; Sa.=Salvan, § 479, probablement la Vogelle et les Avoudruz; Si.=Sixt, § 433, probablement la Vogelle et les Avoudruz; T.=Teine, § 366.

Noms.	Localités.
Ammonites Deluci, Brong.	S. B. G. C.
» Martinii, d'Orb.	Si. G.
» splendens, Sow.	S.
» Senebieranus, Pict.	R.
» Studeri, Pict. et C.	G.
» regularis, Brong.	S. R. F. B. G. C.
» tardefurcatus, Leym.	S. R. F. C. B. G. Bœ.
» curvatus, Mant.	F.
» mammillatus, Schl.	S. R. B. Si. G. b. Bœ.
» Lyelli, Leym.	S. R. F. G. T. Bœ.
» Coupei, Brong.	F. Si. G.
» Itierianus, d'Orb.	C.
» Brottianus, d'Orb.	S. B. G.
» varians, Sow.	F. B. T. M. Fl.
» Delaruei, d'Orb.	S.
» cristatus, Del.	S. G.
» Bouchardianus d'Orb.	S. R. Si. G.
» Balmatianus, Pict.	S. C. B. Si. G.
» Rouxianus, Pict.	S.
» Cleon, d'Orb.	R.
» varicosus, Sow.	S. R. F. C. B. Si. G. M. b. Bœ.
» Vraconensis, Pict. et C.	G.
» inflatus, Sow.	S. R. C. B. T. G.
» versicostatus, Mich.	G.
» nodosocostatus, d'Orb.	G.
» quercifolius, d'Orb.	G.
» Candollianus, Pict.	S. R. F. B. G. M. C. Golèze?
» Hugardianus, d'Orb.	S. B. G. C.
» Mantelli, Sow.	F. C.
» Bourritianus, Pict.	G. C.
» Blancheti, Pict. et C.	G.
» dispar, d'Orb.	G.
Scaphites Hugardianus, d'Orb.	S. R. F. C B. G.
» æqualis d'Orb.	F.
» Meriani, Pict. et C.	G. C.
Ancyloceras Vaucherianus, Pict.	R.
» Blancheti, Pict. et C.	R. G.

Noms.	Localites.
Anisoceras armatus, Pict.	F.
» perarmatus, Pict. et C.	S. B. G. Si. G. C.
» Saussureanus, Pict.	S. R. B. C. G.
» pseudo-elegans, Pict. et C.	S. G.
» alternatus, Mant.	G.
Hamites (elegans, d'Orb.) arrogans, Giebel.	F. S. B. C.
» flexuosus, d'Orb.	S. B. C.
» Favrinus, Pict.	S. B.
» Desorianus, Pict.	B. C.
» rotundus, Sow.	S. B. G. C.
» Charpentieri, Pict.	S. B. G. C.
» attenuatus, Sow.	S. R. C. B. G.
» virgulatus, Brong.	S. R. F. C. B. G. b. Si. T.
» Studerianus, Pict.	S. C. Si. Sa. B. G.
» maximus, Sow.	S. R. G.
» compressus, Sow.	S. G.
» duplicatus, Pict. et C.	S. R. B.
» Moreanus, Buv.	G.
» Venetzianus, Pict. et R.	C.
Ptychoceras gaultinus, Pict.	R. B.
Baculites Gaudini, Pict. et C.	S. R. B. F. G. C.
Helicoceras depressus, d'Orb.	F.
» ind.	C.
» Robertianus, Pict.	S. R.
Turrilites elegans, d'Orb.	S. C.
» Hugardianus, d'Orb.	S. B. F. C. G.
» Escherianus, Pict.	S. R. B. Si. G. C.
» tuberculatus, Bosc.	Si. B.
» bituberculatus, d'Orb.	M. B.
» Gresslyi, Pict. et C.	Si. G. C.
» Bergeri, Brong.	S. R. F. B. Si. b. G. C.
» Puzosianus, d'Orb.	S. R. B. F. G. Si. b. C
» Morrisii, Sh.	F. C.
» Scheuchzerianus, Bosc.	B. Si.
» costatus, Lam.	C.
» intermedius, Pict. et C.	C.

Gastéropodes.

Noms.	Localités.
Avellana valdensis, Pict. et C.	C.
» alpina, Pict. et R.	S. B.
» incrassata, Sow.	S. B. M. G. C.
» Hugardiana, Pict. et C.	S. G.
» inflata, d'Orb.	C.
Ringinella alpina, Pict. et R.	G.
Cerithium excavatum, Brong.	S. R. C. B. Fl. G. F.
» Mosense, Buv.	Bœ.
» Hugardianum, d'Orb.	S.?
» Sabaudianum, Pict. et R.	S.
» gurgitis, Pict. et R.	S.
» Derignanum, Pict. et R.	Bœ.
Turritella Hugardiana, d'Orb.	S.
» Faucignyana, Pict. et R.	S. G.
» Vibrayeana, d'Orb.	G.
Scalaria Dupiniana, d'Orb.	S. R. G.
» Clementina, Mich.	S. R. G.
» Rhodani, Pict. et R.	S. G.
» gaultina, d'Orb.	S.
Natica Clementina, d'Orb.	S. Fl. F.
» Favrina, Pict. et R.	S. B. G. Bœ.
» gaultina, d'Orb.	S. R. F. C. B. Cl. G.
» truncata, Pict. et R.	S.
Narica genevensis, Pict. et R.	S. Bœ.
Neritopsis gaultina, Pict. et C.	S.
Pleurotomaria Thurmanni, Pict. et R.	S. R. G. C.
» Regina, Pict. et R.	S. G. F. C.
» Pictetiana, d'Orb.	S. R.
» Faucignyana, Pict. et R.	S.
» Saxoneti, Pict. et R.	S.
» alpina, d'Orb.	S. R. G.
» Carthusiæ, Pict. et R.	R. G. C.
» Rhodani, d'Orb.	G. S.?
» Gibbsi, Sow.	G.
» Saussureana, Pict. et R.	G.

Noms.	Localités.
Phasianella gaultina, d'Orb.	G.
Turbo Coquandi, Pict. et C.	Bœ.
» Saxoneti, Pict. et R.	S.
» Faucignyanus, Pict. et R.	S. G.
» Golezianus, Pict. et R.	B. Golèze. G.
» subdispar, d'Orb.	G.
» Pictetianus, d'Orb.	S. G.
» problematicus, Pict. et R.	S.
Trochus conoideus, Sow.	S. G. C.
» Nicoletianus, Pict. et R.	S. C.
» Tollotianus, Pict. et R.	C. F. Fl. b.
» alpinus, d'Orb.	F.
Solarium moniliferum, Mich.	S. R. G. F. C.
» Hugianum, Pict. et R.	S. R. G. b. T. Bœ. G.
» Tingryanum, Pict. et R.	S. R. G. C.
» triplex, Pict. et R.	S. R. C. B. G. Golèze.
» ornatum, Fitt.	G. S?
» subornatum, d'Orb.	G.
» dentatum, d'Orb.	S. R. C.
» granosum, d'Orb.	S. G.
Straparolus Martinianus, d'Orb.	S. G.
Strombus Dupinianus, d'Orb.	S. Fl.
Pterocera bicarinata, d'Orb.	S. R. G. Fl. Bœ.
» retusa, Fitt.	G. C.
Rostellaria cingulata, Pict. et R.	G.
» Parkinsoni, Sow.	G.
Aporrhais Parkinsoni, Mant.	S. G.
» Orbignyana, Pict. et R.	B.
» obtusa, Pict. et Camp.	S. R. G. C. Bœ.
» pseudosubulata, d'Orb.	S.
» marginata, Sow.	S. G. b.
» carinella, d'Orb.	S. R.
» Timotheana, Pict. et R.	S.
» gaultina, Pict. et R.	S. R.
Fusus Fizianus, Pict. et R.	S. F.
» Clementinus, d'Orb.	G.
» Dupinianus, d'Orb.	C.

Noms.	Localités.
Murex Sabaudianus, Pict. et R.	S. R. G.
» Genevensis, Pict. et R.	S. G. b.
Crepidula gaultina, Buv.	R. G.
Helcion conicum, d'Orb.	G.
Dentalium Rhodani, Pict. et R.	S. G.

Lamellibranches.

Teredo bilobatus, Buv.	G. ?
Corbula gaultina, Pict. et C.	R.
Neæra Sabaudiana, Pict. et C.	G. L.
Panopæa acutisulcata, d'Orb.	S. G. Cl.
» Sabaudiana, Pict. et R.	S. C. Si. G.
Pholadomya genevensis, Pict. et R.	S. B. F. Si. C.
Thracia rotunda, Pict. et R.	Si. C.
» alpina, Pict. et R.	C. F
» ? Sabaudiana, Pict.	F. R.
Mactra gaultina, Pict. et R.	F.
Petricola Rhodani, Pict. et R.	S. B.
Venerupis Saxoneti, Pict. et C.	S.
Venus Vibrayeana, d'Orb.	R. G.
Thetis genevensis, Pict. et R.	S. F. C.
» albensis, Pict. et R.	F.
Cyprina angulata, Sow.	S. G. R. b. T.
» regularis, d'Orb.	G. S. L. Si. B. Cl.
» crassicornis, Pict. et C.	G. S. R. C.
Cardium Constantii, d'Orb.	G. S. Si ? R. B. C.
» alpinum, Pict. et R.	S. G. C. F. B. R.
Fimbria gaultina, Pict. et R.	S. C. b. G.
Astarte Allobrogensis, Pict. et C.	G.
» Sabaudiana, Pict. et R.	S.
Opis Hugardiana, d'Orb.	S. L. R. F. B.
» lineata, Pict. et R.	S.
Cardita Constantii, d'Orb.	S. G. b. B.
Myoconcha gaultina, Pict. et C.	G.
Crassatella Saxoneti, Pict. et R.	S. G.
» Sabaudiana, Pict. et R.	S. Si. G. B.

Noms.	Localités.
Crassatella Fiziana, Pict. et R.	F.
Corbis gaultina, Pict. et R.	C.
Trigonia dædalea, Park.	S. (aptien sup.)?
» aliformis, Park.	S. R. C. B.
» Archiaciana, d'Orb.	R. b.
» Fittoni, Desh.	R. C.
» Constantii, d'Orb.	S. G. R. S.
» aliformis, Park.	S.?
Leda Neckeriana, Pict. et R.	G. b. T. S. C. B.
Nucula gurgitis, Pict. et R.	S. G.
» pectinata, Sow.	S. R. Si. Fl. G. b. T. C.
» ovata, Mant.	S. R. G. b. T. C.
» Timotheana, Pict. et R.	S. B. b.
» Carthusiæ, Pict. et R.	R.
» Neckeriana, Pict. et R.	C.
Isoarca Agassizii, Pict. et R.	S. R. C. Si. G.
Arca glabra, Sow.	G. b. R. C. S. B.
» obesa, Pict. et R.	S. G. C. R.
» Hugardiana, d'Orb.	S. F. C.
» carinata, Sow.	S. R. G. B. C. b. Bœ.
» Cottaldina, d'Orb.	R.?
» Favrina, Pict. et R.	G. R. T.
» bipartita, Pict. et R.	S.
» fibrosa, d'Orb.	G.
Mytilus Albense, d'Orb.	Cl.
» Orbignyanus, Pict. et R.	C.
» sublineatus, Pict. et R.	S. R. C.
» Giffreanus, Pict. et R.	S. C.
» Mortilleti, Pict. et R.	G.
Lima Itieriana, Pict. et R.	S. R.
» Sabaudiana, Pict. et R.	S.
» alpina, Pict. et R.	S. G.
» Saxoneti, Pict. et R.	S.
» montana, Pict. et R.	S. G.
Diceras gaultina, Pict. et R.	S.
Gervillia anceps, Desh.	S.
Perna Rauliniana, d'Orb.	Bœ.

Noms.	Localités.
Inoceramus sulcatus, Park.	S. F. C. B. T. M. G.
» concentricus, Park.	S. C. B. G.
» Salomoni, d'Orb.	S. R. G. C. B. T. M.
Hinnites Studeri, Pict. et R.	S. G.
Janira Faucignyana, Pict. et R.	S. C.
» albensis, d'Orb.	Cl.
Pecten Raulinianus, d'Orb.	S.
» Dutemplei, d'Orb.	S.
» Saxoneti, Pict. et R.	S.
Spondylus Brunneri, Pict. et R.	B.
» gibbosus? d'Orb.	Cl.
Plicatula radiola, Lam.	S. Bœ.
Ostrea Arduennensis, d'Orb.	S.
» Milletiana, d'Orb.	T.

Brachiopodes.

Rhynchonella Gibbsiana, Sow.	S. R. G.
» sulcata, d'Orb.	S. B. M.
» Emerici, d'Orb.	S.
» polygona, d'Orb.	S. R.
» antidichotoma, d'Orb.	S. R. G.
Terebratula Dutempleana, d'Orb.	S. B. G. T.
» Lemaniensis, Pict. et R.	S. R. B. G.
Terebratella Saxoneti, Pict. et R.	S. R.
Terebrirostra arduennensis, d'Orb.	S. R.

Échinodermes.

Holaster lævis, Del.	S. C. T. G. B. R. Si. Cl. F.
» subglobosus, Ag.	Si.
» Perezii, Ag.	F. C. B. S. M.
» transversus? Ag.	B. F.
Hemiaster minimus, Des.	C. T. G. B. S. R. Cl.
» Phrynus, Des.	G.
Epiaster polygonus, Ag.	B. C.
» trigonalis, d'Orb.	T.
Catopygus cylindricus, Des.	B. S. G.

Noms.	Localités.
Discoïdea rotula, Ag.	C. T. B. G. S. F. Si.
» conica, Des.	C. G. B. S. Fl. F.
» turrita, Desor.	S.
» cylindrica, Ag.	F.
Echinoconus castanea, d'Orb.	C. T. B. S. R.
Pyrina castanea? Des Moul.	F.
» depressa, Des Moul.	R. F.
Pseudodiadema Brongniarti, Des.	B. S. F. Fl. Si. C.
» Rhodani, Ag.	B. S.
» Blancheti, Des.	G.
Peltastes Studeri, Cott.	C. B. S. G.

Zoophytes.

Trochocyathus conulus, Edw. et H.	B. C.

§ 786. J'ai décrit dans le § 433 une singulière coupe prise entre les chalets de Salvadon et le sommet des Aveudruz; on y voit deux couches de gault qui paraissent régulièrement superposées et qui sont séparées par des calcaires gris de 70 à 100 mètres d'épaisseur, dont une partie contient des *Orbitolites lenticularis*, Blum. Il y avait de l'intérêt à déterminer le peu de fossiles que j'ai pu y recueillir; M. le professeur Pictet a bien voulu se charger de ce travail, et il est arrivé aux résultats ci-joints. Les fossiles de la couche inférieure du gault (nº 5 de la coupe pl. XIV, fig. 2) sont les suivants :

Noms.	
Ammonites inflatus, Sow.	S.[1]
» versicostatus, Mich.	M.

[1] Abréviations : S. indique que l'espèce appartient en général au gault supérieur dans d'autres localités, M. au gault moyen et I. au gault inférieur; A. signifie que les fossiles se trouvent souvent dans les Alpes dans des localités où les fossiles du gault supérieur sont associés à ceux du gault inférieur : ainsi le *Turrilites Hugardianus* est de la division supérieure en France et se trouve dans toutes les parties du gault des Alpes.

Noms.	
Ammonites varicosus ? Sow.	S.
» varicosus, Br. ?	S.
» latidorsatus, ? Mich.	S.
Turrilites Bergeri, Brong.	S.
» Hugardianus, d'Orb.	A.
Helicoceras (voisin de l'H. Thurmanni).	
Inoceramus sulcatus, Park.	M. A.
Hamites compressus, Sow.	M.

Les fossiles de la **couche supérieure** du gault (n° 8 de la coupe) sont :

Noms.	
Ammonites mammillaris, Schl.	I.
» cristatus, Brong.	M.
» varicosus, Sow.	S. A.
Turrilites Escheri, Pict.	S. A.
Baculites Gaudini, Pict.	S. A.
Solarium Hugianum, Pict.	A.
» moniliferum, Mich.	I.
Phasianella gaultina, d'Orb.	
Aporrhais obtusa? Pict.	I.
Nucula pectinata, Sow.	I.
Ostrea Arduennensis, d'Orb.	S.
Inoceramus Salomoni, d'Orb.	A.

Il est assez curieux que la couche inférieure renferme relativement plus de fossiles du gault supérieur que l'autre; mais il est probable que le gault est complet dans chacune des deux couches des Avoudruz, et que l'apparence de superposition que j'ai signalée tient à quelque dislocation du sol qui n'a pas été comprise jusqu'à présent.

VI. DE L'ÉTAGE DE LA CRAIE.

§ 787. Ce groupe de couches est formé dans les Alpes de la Savoie par un calcaire gris plus ou moins noir, qui,

pour la position géologique, paraît correspondre exactement au Sewerkalk de la Suisse allemande. La craie s'étend dans toute la zone crétacée, des rives du lac d'Annecy à la Dent du Midi. Elle se montre au-dessus du gault presque partout où l'on voit celui-ci; mais elle se distingue difficilement de certaines couches du terrain nummulitique, et lorsque le gault manque, elle se confond aisément avec le terrain urgonien, en sorte qu'elle attire peu l'attention. Il est probable que les silex, qui y sont abondants, doivent, comme ceux des autres pays, leur origine à des éponges. Les foraminifères étant en général fort communs dans la craie, il serait intéressant de les rechercher dans celle de la Savoie, comme M. Kauffmann l'a fait avec succès dans la craie des environs de Lucerne[1].

Ce terrain est remarquablement pauvre en fossiles, et dans toutes les courses que j'ai faites, je n'ai pu récolter que fort peu d'échantillons. Ce sont les suivants :

Noms.	Localités.
Inoceramus Cuvieri? d'Orb.	Thônes § 374, Marclosan § 377.
» voisin de l'I. regularis ou de l'I. cuneiformis, d'Orb.	Annecy § 385.
Id.	Faverges, § 387.
Ananchites conica, Ag.* [2]	Thônes.
Micraster cordatus, Ag.*	Veyrier, près d'Annecy.
Terebratula semiglobosa, Sow.*	Pernant.
Terebratulina.*	Grand-Bornand.

Avec un nombre si restreint de fossiles, il n'y a guère moyen de faire une détermination un peu rigoureuse de l'âge de ce terrain; cependant il est probable qu'il appartient à

[1] *Archives*, 1862, XV, 139.

[2] Les fossiles marqués * sont ceux indiqués par M. de Mortillet, *Géol. et Min. de la Savoie*, p. 249.

l'étage sénonien. Cette manière de voir est confirmée par le fait que le terrain de la partie de la Savoie dont je m'occupe est le prolongement du terrain sénonien des **montagnes des Bauges**, situées au S.-O. du lac d'Annecy, et dans lequel on a recueilli les fossiles suivants (Musée de Chambéry):

Belemnites mucronata? d'Orb.
Turrilites?
Inoceramus.
Micraster cor-anguinum, Ag.
» Leskei, d'Orb.
Echinocorys vulgaris, Brey.

Ce terrain des Bauges est le prolongement de celui du massif **d'Entremont** et de la Grande-Chartreuse, dans lequel l'étage sénonien est fort développé [1].

[1] Chamousset, *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.* Genève 1845.—Vallet, *Mém. de la Soc. roy. acad. de Savoie*, 2e sér., II.—Favre, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1851, VIII, 624; *Archives*, 1852, XIX, 264.—Lory, *Bulletin de la Soc. de statistique de l'Isère*, 1852, II; *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1852, IX, 226; XV, 37; XVII, 796; XVIII, 806;—De Mortillet, *Géol. et Min. de la Savoie*, etc.

CHAPITRE XXXIV

DU TERRAIN TERTIAIRE

A. DU GROUPE NUMMULITIQUE.

§ 788. Cet ensemble de couches se divise naturellement, dans la Savoie, en **deux étages bien distincts :** 1° à la base: l'étage nummulitique proprement dit ou calcaire, grès et schistes nummulitiques; 2° à la partie supérieure: le macigno alpin composé de grès à fucoïdes et de grès de Taviglianaz.

Je ne m'arrêterai pas sur **l'histoire de la classification** du terrain nummulitique; elle a été tracée de main de maître[1].

[1] *Hist. des progrès de la géologie,* 1850, III.

Il y a peu d'années que ce terrain était encore classé dans le terrain crétacé, quoique **Al. Brongniart**[1] eût montré, en 1823, l'extrême rapport qui existe entre les fossiles des Diablerets et ceux des terrains de sédiment supérieurs (tertiaires) des plaines. En 1843, **M. Studer** soutint que le terrain nummulitique était à peu près contemporain du calcaire grossier du bassin de Paris. **M. d'Archiac** a confirmé cette manière de voir, et à la page 220 du travail que je viens de citer, il ajoute : « Ce vaste horizon des « nummulites, que nous avons suivi à travers l'Asie jus- « qu'aux plages de l'Atlantique, prolongé dans le N.-O. de « l'Europe, viendrait passer *au-dessus* de l'étage des ligni- « tes, lequel est antérieur à l'ère des foraminifères dont « nous parlons. »

Les opinions sur ce sujet ont varié[2]. **MM. Hébert et Renevier** ont rapporté l'époque de la formation du terrain nummulitique des Alpes à celle des sables de Beauchamp; toutefois, ils l'ont fait avec quelques réserves. Plus tard, **M. Hébert** a cherché à démontrer que ce terrain était parallèle au gypse et au calcaire de Saint-Ouen[3].

Il nous paraît difficile d'arriver à une certitude parfaite au sujet de l'assise exacte à laquelle correspond le terrain nummulitique des Alpes dans le bassin de Paris, parce que l'état de la mer qui couvrait les Alpes à cette époque était très-différent de celui des eaux marines du golfe parisien, et que ces deux localités étaient séparées par le Jura[4], qui élevait déjà sa crête rocheuse au-dessus de la surface de l'eau. Un peu plus tard, la dissemblance a été encore

[1] *Mém. sur les terrains de sédiment supérieurs*, in-4°, 1823.
[2] *Archives*, 1856, XXXII, 72.
[3] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1865, XXIII, 126.
[4] *Archives*, 1860, IX, 46.

plus grande entre le bassin de Paris et les Alpes; car nous savons que dans les environs de Paris se sont déposés les grès de Fontainebleau et dans les Alpes le macigno alpin et le grès de Taviglianaz, qui n'ont aucun rapport avec les formations parisiennes.

I. De l'étage nummulitique proprement dit.

§ 788 *a*. Cet étage présente deux facies différents en Savoie : celui des calcaires et des schistes plus ou moins calcaires et celui des grès. 1° **Les calcaires et les schistes nummulitiques** sont très-répandus ; ils reposent sur le terrain de la craie, et se trouvent soit sur les arêtes élevées des montagnes crétacées, soit dans les vallons ou dans les dépressions.

On peut les étudier dans plusieurs localités du massif des Vergy et de la Tournette; les principales sont les suivantes : Mont-d'Anday (§ 356), l'Eschaut (§ 358), monts Vergy (§ 361), vallée du Reposoir (§ 362, 401), chaîne de la Pointe-Percée (§ 395, 402), Petit-Bornand (§ 363), col de Teine (§ 366), Thônes (§ 374), Montmin (§ 377) et chaîne du Mont-Charvin (§ 389). La grande couche nummulitique s'est étendue aussi au-dessus de la craie et au-dessous du macigno alpin dans tout le massif des Fiz (§ 404) : on la voit affleurer à Pernant, dans les Déserts de Platet, près de Sales, du lac de Gers, etc.; enfin, on la retrouve avec la même position dans le massif des Avoudruz et de la Dent du Midi (§ 428), surtout près de Samoëns, dans le massif du Criou, à Bossetan et sur les flancs de la Dent du Midi. La formation nummulitique a encore été constatée beaucoup plus au S., à Montricher en Maurienne (§ 664); là elle fait partie d'une zone qui s'étend du

flanc occidental du Mont-Pelvoux en Dauphiné, jusque près du col de Varbuche (§ 662) et qui renferme les grès nummulitiques des Aiguilles d'Arve.

Après avoir constaté la grande étendue de ce terrain, il est bon de remarquer qu'on ne l'a jamais trouvé dans l'intérieur du **Chablais** (excepté à l'état erratique), et qu'il manque totalement au **mont Salève** et dans le **Jura**. Ce fait peut s'expliquer en admettant que, dans ces trois régions, le terrain était exhaussé au-dessus du niveau de la mer à l'époque nummulitique.

§ 789. On trouve dans les schistes calcaires et marneux du terrain nummulitique une couche de charbon qui a été exploitée dans plusieurs localités de la Savoie, à Entreverne, à Montmin, à Champ-Laitier, au Petit-Bornand, à Pernant. Elle s'étend en Suisse à la Dent du Midi, aux Diablerets, aux environs de Frutigen, au N. du lac de Thoune et au Titlis.

D'après la description du Dauphiné de M. Lory, il semble qu'il existe dans cette région deux horizons contenant des fossiles nummulitiques. « A Faudon, nous dit ce savant, « les nummulites sont au-dessous des couches à *cérithes*, « natices, etc., tandis qu'à St-Bonnet elles se trouvent au-dessus[1]. Il paraît que ces deux horizons se montrent en Savoie, car à Pernant (§ 410) les cérithes sont associés à la couche charbonneuse et sont recouverts par le calcaire à nummulites, tandis que, si la coupe de la mine **d'Entreverne**[2] donnée dans le *Bulletin de la Société géologique de*

[1] *Descript. géol. du Dauphiné*, 1860, p. 480.

[2] Il a été question de cette mine, *Journal des Mines*, an III, t. I, n° V, 24; an X, t. XII, 387, et 1806, t. XIX, p. 436. — Bakewell ne sait à quel âge rapporter la mine d'*Entreveines* et il croit avoir trouvé des *gryphea arcuata* dans le voisinage, ce sont probablement des *Ostrea Couloni*. *Travels*, 1823, I, 185. — *Associat. florimont. d'Annecy*, 3 nov. 1854.

France[1] est exacte (c'est la seule que je connaisse), le charbon de cette localité serait situé au-dessus du calcaire nummulitique et au-dessous du flysch ou macigno alpin, comme je l'ai fait remarquer (§ 385) ; en sorte que son gisement semble avoir plus de rapport avec celui de Faudon qu'avec celui de St-Bonnet.

La grande étendue de la couche de charbon du terrain nummulitique, prouve qu'elle n'est pas un fait local. En effet, M. d'Archiac fait observer que les couches à fossiles nummulitiques se retrouvent fréquemment, sur le pourtour des Alpes, au-dessus d'une couche de combustible; et M. Murchison a constaté que, dans les environs de Recoaro, la couche à lignite est située au-dessous du calcaire nummulitique. Il en est de même au val d'Agno, au Mont-Viale, au Mont-Bolca, etc.[2] MM. Cornalia et Chiozza assignent la même position relative au lignite et au calcaire nummulitique d'Albona, en Istrie[3].

§ 790. 2° Les **grès** occupent dans le terrain nummulitique un espace moins considérable que les calcaires et les schistes. Je les crois supérieurs à ces derniers, parce qu'on ne les observe nulle part entre le calcaire nummulitique et la craie, quoiqu'on voie souvent la ligne de contact de ces deux formations; et comme la jonction du terrain nummulitique avec le macigno alpin est plus difficile à observer, je pense que les grès nummulitiques doivent s'y trouver et qu'ils sont, par conséquent, supérieurs aux calcaires. Ces grès paraissent, en effet, dans cette position au col du Grand-Bornand (§ 400)[4], où ils sont voisins du calcaire

[1] *Bull.* 1844, I, 815, pl. XI, fig. 8.
[2] *Quart. Journ. of Geol. Soc. of London*, 1848, V, 189, 220, 224.
[3] *Cenni gol. sull' Istria. Istituto Lombardo di Scienze*, 1851, III.
[4] J'ai cru y reconnaître la *Nummulites Ramondi*, Defr. et la *N. complanata*, Lam.

nummulitique des Vergy; cependant la dislocation de la montagne des Almes, dont ils font partie, est si grande, qu'ils ne sont pas dans une position normale, mais qu'ils se trouvent à peu près en contact avec l'étage de l'infralias. Au Bouchet (§ 392), ils sont en contact avec l'étage oxfordien. Sur les bords du lac d'Annecy au roc de Chères (§ 379), ils ont une autre apparence, et pourraient peut-être, ainsi que les grès de la montagne de Veyrier (§ 384), appartenir à l'étage tongrien ou terrain miocène inférieur. Enfin, sur les confins du Dauphiné, d'après M. Lory, ils forment en partie les pointes si remarquables des Aiguilles d'Arve (§ 647).

§ 791. Ces grès contiennent peu de nummulites et quelques rares débris d'êtres organisés. On trouvera dans le tableau suivant les noms des fossiles recueillis dans cet étage.

Fossiles nummulitiques.

Pour les fossiles de Platet, voyez § 416.

Noms.	Localités.
Turritella imbricataria, Lam.	Mi[1].
Natica Studeri, Quenst.	P.
» angustata, Grat.	P. Mi.
» crassatina? Desh.	Go.
Chemnitzia lactea, Brug.	P.

[1] Abréviations: A. = Aravis, § 395; An. = Mont Anday, § 356; B. = Bouchet, § 392; Bo. = Bossetan, § 437; C. = Col de Coux, § 441; Ch. = Champ-Laitier, § 369; Che. = Roc de Chères? § 379; E. = Entreverne s, § 385; Es. = Eschant, § 360; Fl. = Flaine, § 413, 414; G. = Grand-Bornand, § 400; Ge. = Gers, § 421; Go. = Golèze, 436, 441; Mau. = Maurienne, § 664; Mi. = Dent du Midi, § 443; M. = Montmin, § 377; P. = Pernant, § 410, 411; R. = Reposoir, § 401; S. = Sales, § 421, 425; Sa. = Samoëns, § 429, 430; T. = Teine, § 366; Th. = Thônes, § 374; V. = Monts-Vergy, § 362.

Noms.	Localités.
Cerithium plicatum, Brug.	P. Mi. E.
» elegans, Desh.	P. Mi. E.
» Castellini, Brong.	P.
» conulus, Brug.	P.
» trochleare, Lam.	Mi.
» indét.	T. Ch. M. Fl. S.
Fusus polygonatus, Brug.	P.
» subcarinatus, Lam.	P.
Murex sp.?	P.
Turbinolia.	V.
Trochocyathus cyclolitoïdes, M. Edw.	Th.
» van den Heckei, Edw. et H.	R.
» alpinus? d'Orb.	S.
» indét.	Go. M.
Nummulites Ramondi, Defr.	P. Mi. V. T. Ch. Th. A. G. R. Fl. S. Ge. Sa. Go. Bo. C. Mau.
» Dufrenoyi? d'Arch.	Mau.
» distans? Desh.	Mau.
» planulata, d'Orb. ou N. striata, d'Orb.	V. Th. T. M. R. Sa. Mau. S.
» Beaumontii, M. Edw.	Mau.
» Biaritziana, d'Arch.	B. V.
» contorta? Desh.	S. C.
» Murchisoni, Brun.	Sa.
» complanata, Lam.	Mau.
» perforata? d'Orb.	Mau.
» variolaria? Sow.	Mau.
Orbitoides submedia, d'Arch.	V. C. Mau.
» sella, d'Arch.	A. Fl. S. Ge.
» stellata, d'Arch.	C.
Operculina ammonea, Ley. ou O. Boissyi, d'Arch.	V. C.
Venus sp.?	P.
Corbula striata, Lam.	P.
Cytherea incrassata, Sow.	P.
» Vilanovæ, Desh.	P. Mi.
Cyrena Studeri, Desh.	P. Mi. Ch. E. S.

Noms.	Localités.
Cardium granulosum, Lam.	Mi. M.
Spondylus Tallavigneri, d'Arch.?	Th.
Arca Brongnarti, Heb. et Ren.	Mi.
Lima.	V.
Pecten Bouei, d'Arch.??	Th.
» indét.	C. Che. V. Es.
Ostrea cyathula, Lam.	Mi.
» gigantica, Brand.	E.
Spatangus.	Mi.
Echinanthus scutella, Desh.	Th.
Conoclypus Duboisii, Ag.	Th.
» anachoreta, Ag.	Th. Mau.
Pentacrinites didactylus, d'Orb.	S.

II. Du macigno alpin et du grès de Taviglianaz.

§ 792. La puissante formation du macigno alpin, qui a été confondue avec le flysch tant que sa position n'avait pas été exactement reconnue, était bien faite pour déconcerter les géologues. En effet, tandis que les couches nummulitiques d'autres contrées sont recouvertes par des assises régulières et fossilifères, nous ne trouvons dans les Alpes que des masses énormes de calcaire et de grès plus ou moins marneux, jaunâtre, gris ou noir, ne renfermant pas de fossiles, excepté quelques écailles de poissons peu déterminables et des fucoïdes qui ressemblent à ceux de toutes les formations. Ces roches sont associées parfois au grès de Taviglianaz.

Quelques faits locaux sont venus retarder la classification de ce terrain : ainsi, on avait hésité à le ranger dans le terrain tertiaire[1] parce qu'on l'avait confondu avec des terrains jurassiques qui renferment aussi des fucoïdes. On a

[1] *Actes Soc. helvét. des Sc. nat.* Bâle, 1838, p. 104.

également trouvé des bélemnites dans le macigno alpin des Ormonts; mais il paraît que ces fossiles y sont à l'état erratique, comme les végétaux du terrain houiller dans le conglomérat du Mont-Vouant (§ 286).

§ 793. Le macigno alpin **présente deux facies**, l'apparence de ce terrain est différente lorsqu'il repose sur le calcaire kimméridien, ou sur le terrain nummulitique. Ce caractère est semblable à l'un de ceux qui différencient le terrain néocomien jurassien du néocomien alpin, et consiste dans la liaison de ces terrains avec la roche qui les supporte.

1° Les **schistes à fucoïdes** et à helminthoïdes, dont j'ai dit quelques mots (§ 350) et qui **reposent sur le calcaire kimméridien** du Chablais, comme le montre avec la dernière évidence la coupe de la montagne de La Chaux (§ 334), paraissent être contemporains de ceux que M. Lory désigne sous le nom de schistes à myrianites[1]. Ce sont en général des schistes calcaires plus ou moins marneux, accompagnés de quelques bancs de grès plus ou moins grossiers. Ces schistes à fucoïdes forment une grande zone au milieu du Chablais : ils s'étendent des bords du Rhône près de Vouvry et de Vionnaz, jusqu'aux rives de l'Arve près de Thiez non loin de Bonneville. On voit ce terrain dans la vallée d'Abondance et au col du Corbier; il traverse la vallée de Bellevaux, se montre près des Charmettes et sur le revers occidental de la Pointe-d'Orchex (§ 282), où il est en contact avec le gypse triasique. Je crois qu'on doit lui associer les grès nummulitiques des Voirons (§ 261, 264, 268), les conglomérats du Mont-Vouant (§ 286), les grès du Mont-Macheret et du chalet Marmoi (§ 308), qui

[1] *Descript. géol. du Dauphiné*, 1860, 482.

sont juxtaposés au terrain triasique, ceux de la Rochette, du couvent de Rovéréaz, des Allinges (§ 307) et de la Dranse (§ 316); ils renferment tous des fucoïdes et des helminthoïdes. Cette grande formation de grès paraît avoir son équivalent dans celle de la montagne de Barme (§ 442) et de la Valerette (§ 447).

§ 794. Les **roches du macigno alpin** qui sont **superposées au calcaire nummulitique** diffèrent des schistes précédents; on y voit moins de ces fucoïdes qui sont si remarquables dans le Chablais. Cependant la coupe de St-Jean de Sixt (§ 394) ne laisse aucun doute sur la complète superposition des grès à fucoïdes au calcaire nummulitique.

Le macigno alpin est très-développé dans le massif des Vergy et de la Tournette, j'en ai déjà parlé (§ 353); sa base est formée par une assise de schiste argileux friable, contenant des empreintes de poissons[1], qui repose sur le calcaire nummulitique; au-dessus viennent des schistes marneux et des grès micacés tels que ceux de la combe de Biolan (§ 361); ils ressemblent à la mollasse.

Ce terrain remplit les dépressions des couches crétacées dans la région comprise entre le lac d'Annecy et la vallée de l'Arve, particulièrement la vallée de Thônes, dans laquelle il forme des montagnes considérables en étant associé au grès de Taviglianaz, qu'on peut regarder comme l'équivalent du grès moucheté du Dauphiné.

Ces mêmes roches se voient encore sur une partie des crêtes du massif des Fiz, on les retrouve dans le val d'Illiez et sur les flancs de la Dent du Midi.

[1] Voyez § 357. M. Agassiz, à la suite d'un examen fait peut-être un peu trop rapidement, avait rangé dans le terrain crétacé les débris de poissons trouvés au Désert près de Chambéry. *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1844, I, 626.

Je ne reviendrai pas sur la description que j'ai donnée du grès de Taviglianaz (§ 353); il me paraît être une espèce de cendre volcanique stratifiée par les eaux, et j'ai cherché à montrer que ce dépôt pouvait provenir des éruptions qui ont eu lieu dans les volcans du nord de l'Italie à l'époque nummulitique. Les fossiles trouvés dans le macigno alpin sont les suivants :

Noms.	Localités.
Chondrites Targionii, Ster.	Ch.[1]
var. arbuscula, Fisch.-Oost.	V. Ch. F.
» longipes, Fisch.-Oost.	V.
» affinis, Stern.	Ch. Val.
» intricatus, Brong.	Ch.
» Fischeri (Ch. æqualis, Fisch.-Oost.).	Ch.
Helminthoida labyrinthica, Heer.	Ch. Val.
» crassa, Schaf.	Al. Val. La. S.

Comme je l'ai dit (§ 295), on ne peut avoir une grande confiance dans les caractères fournis par ces fossiles; car les botanistes ne sont pas arrivés à distinguer les espèces de chondrites les unes des autres, ou bien elles se trouvent dans différents terrains; en effet, on a signalé dans le terrain néocomien[2] la présence de plusieurs des végétaux indiqués ci-dessus.

B. DU GROUPE MIOCÈNE.

§ 795. Ce groupe se divise, dans nos environs, en deux terrains : l'un marin, le grès tongrien; l'autre d'eau douce, la mollasse.

[1] Abréviations : Al. = Allinges, § 307; Ch. = Charmettes, § 295; F. = Fenalet, § 324; La. = La Chaux, § 334; S. = Signal de la Croix, § 345 Val. = Vallonet, § 314; V. = Voirons, § 268.

[2] *Mém. Soc. géol. de Fr.*, 1840, IV, 333.

I. Du grès tongrien.

§ 796. Il y a peu d'années que M. Heer, en examinant les végétaux **fossiles du val d'Illiez** (§ 348), arriva à la conviction qu'ils appartiennent au terrain tongrien, c'est-à-dire au représentant de la partie ancienne de l'époque miocène. Ces fossiles sont les suivants :

Zizyphus Ungeri, Heer.
Podocarpus eocenica, Ung.
Sapindus, voisin du S. falcifolius.
Lycopodites.

Avant cette découverte, on ne pensait pas que le terrain miocène pénétrât aussi avant dans l'intérieur des Alpes. De nouvelles études sont nécessaires pour en fixer les limites géologiques et géographiques.

§ 797. On devra également s'attacher à recueillir des éléments, c'est-à-dire des fossiles, pour déterminer d'une manière exacte les couches du **grès marin inférieur** à la mollasse, dont j'ai signalé la présence au mont Salève (§ 233), sur les bords du lac d'Annecy (§ 384) et peut-être à Entrevernes (§ 385, 789).

II. De la mollasse.

§ 798. **La mollasse** repose sur les grès tongriens ; nous l'avons décrite dans les environs de Genève (§ 195), au mont Salève (§ 235), dans les Bornes (§ 251), aux Voirons (§ 259), au Môle (§ 276), etc. On sait que cette formation est composée de grès plus ou moins argileux, quelquefois très-durs, et qu'elle renferme des bancs de calcaire d'eau douce. L'épaisseur en est considérable ; nous ne la connais-

sons pas, mais nous savons, par les travaux de sondage qui ont été faits à Pregny (§ 205), qu'elle dépasse 200 mètres.

Les fossiles y sont rares et mal conservés; ils se rapportent aux espèces suivantes :

Noms.	Localités.
Un os de pachyderme.	M.[1]
Emydes.	V.
Helix Ramondi.	B.
» rugulosa, Ziet.	V.
Bulimus.	G.
Lymneus.	G.
Paludina.	G.
Melanopsis.	G.
Planorbis.	G.
Unio.	G.
Cyclas.	G.
Cyrena.	G.
Cypris.	G.
Sabal hæringiana, Ung. ou S. Lamaonis, Heer.	M. A.
Daphnogene lanceolata, Ung.	M.
Pinus Lardyanus, Heer.	M.
Poacites subtilis, Heer.	M.
Myrica Studeri, Heer.	M.
Chara.	V.
Aspidium dalmaticum, Br.	Th.
» lignitum, Gieb.	Th.
Arundo Gœpperti.	Th.

§ 799. D'après la liste ci-dessus, les débris d'êtres or-

[1] Abréviations : A. = Archamp, § 199 ; B. = Bornes, § 252 ; G. = Environs de Genève, § 206 ; M. = Mornex, § 235 ; Th. = Thorens, § 254 ; V. = Vengeron, § 205.

ganisés du terrain de la mollasse des environs de Genève ne sont pas assez nombreux pour en déduire des conséquences paléontologiques importantes. Mais on est arrivé à des résultats plus positifs par l'examen des nombreux végétaux trouvés dans le terrain tertiaire du canton de Vaud (§ 813).

CHAPITRE XXXV

DU TERRAIN QUATERNAIRE

Alluvion ancienne. Terrain glaciaire. Alluvion des terrasses. Alluvion actuelle, § 800. — Faits relatifs aux variations de l'extension des glaciers, 801. — Mesures prises au glacier des Bossons et à la Mer de Glace, 802.

§ 800. Pour continuer l'énumération des terrains savoisiens, je devrais donner de nouveaux détails sur le terrain quaternaire; mais je l'ai étudié dans les premiers chapitres de cet ouvrage (§ 15 et suiv.), en sorte que je n'y reviendrai pas. Je rappellerai simplement l'ordre de superposition des différents étages qui le composent. **L'alluvion ancienne** se trouve à la base: elle repose sur la mollasse: j'en ai décrit les caractères (§ 78) et l'origine (§ 190): celle-ci me paraît évidemment liée à l'ancienne extension des glaciers.

Le **terrain glaciaire** repose sur l'alluvion ancienne; il est composé de blocs considérables associés au limon le plus fin, aux cailloux striés, aux surfaces moutonnées et aux roches polies, et nous en avons vu la distribution dans les vallées du Rhône (§ 85), de l'Arve (§ 119), de l'Isère (§ 148) et de la Doire (§ 152).

L'examen des caractères qu'il présente nous a conduit à soutenir l'ancienne extension des glaciers, hypothèse fort extraordinaire, il est vrai, mais qui explique mieux que toute autre l'ensemble des caractères du terrain glaciaire. La plupart des naturalistes l'ont adoptée; bien qu'il y ait.

de temps à autre, des travaux qui la combattent. Malheureusement pour la science, ces travaux n'apportent guère d'idées nouvelles, mais ils cherchent à réhabiliter celles qui ont déjà été maintes fois réfutées[1]. **L'alluvion des terrasses** (§ 24), que nous avons retrouvée jusque dans les parties supérieures des vallées, repose sur le terrain glaciaire. Les terrasses, en baissant de niveau, se sont peu à peu changées en **alluvion actuelle.** Là s'arrête pour nous la série des terrains que nous avons étudiés, qui se sont déposés pendant des millions de siècles et dont l'épaisseur s'augmente encore chaque jour.

§ 801. Si nous cherchons à réunir quelques faits relatifs aux variations qui se sont produites dans l'extension des glaciers depuis deux ou trois cents ans, nous arrivons aux résultats suivants :

Vers le milieu du dix-septième siècle, les glaciers étaient peu étendus, et c'est à la suite de cet état de choses que l'on publia vers 1660 (?) la carte n° 29 (Appendice I), dans laquelle le passage du col du Géant est indiqué; la carte de 1691 (n° 46) n'est probablement qu'une réminiscence de la première. D'après M. Venetz (§ 165), les glaciers augmentèrent vers le milieu du dix-septième siècle. A la fin de ce siècle, ils diminuèrent, si l'on en croit les renseignements donnés à propos de Jean d'Arenthon (carte n° 53). D'après M. Moore (même n°), cette diminution se maintint dans le commencement du dix-huitième siècle; les cartes de

[1] Un travail marquant sur ce sujet est celui de M. Sartorius de Waltershausen, *Untersuchungen*... Recherches sur les climats de l'époque actuelle et des époques anciennes, particulièrement au point de vue des phénomènes glaciaires de la période diluvienne, 1 vol. in-4. Harlem, 1865. Ce travail a été analysé et critiqué par M. B. Studer, *Archives*, 1866, XXVII, 41 et par M. Eisenlohr, *Archives* 1867, XXIX, 106.

1707 (nos 59 et 60), où le passage du Géant est de nouveau figuré, représentent ce qui était connu alors.

Pierre Martel (n° 72) indique une augmentation dans l'étendue des glaciers au commencement du dix-huitième siècle, et pendant ce temps d'après Berthout (§ 506) le col du Géant fut infranchissable. Puis ce col fut traversé en 1786 et 1787 par Tournier (l'Oiseau), Cachat (le Géant), Hill, Exchaquet et Bourrit. En 1788, de Saussure y fit une expédition à jamais mémorable. Enfin, de 1815 à 1821, les glaciers acquirent une très-grande extension et la Mer de Glace de Chamonix atteignit son maximum de développement en 1825. Il paraît que, vers 1851, les glaciers furent assez étendus; mais en 1866 et 1867 ils ont été très-restreints. Ces petites dimensions ne dureront probablement pas, car dans l'hiver de 1866 à 1867 il est tombé beaucoup de neige sur les hauteurs. Il serait intéressant de chercher à établir le rapport qui existe entre la quantité de neige tombée à une certaine élévation et l'avancement du glacier; mais ce rapport dépend de circonstances diverses et variables qui en rendent l'étude difficile.

§ 802. J'ai pris quelques mesures relatives à la position de l'extrémité inférieure du glacier des Bossons en 1818 et à celle qu'il occupe maintenant. M. V. Payot s'est occupé de ce sujet[1], et j'en ai déjà dit quelques mots (§ 546). Voici ces mesures. Lorsque du hameau des Bossons on se dirige vers le glacier de ce nom, on trouve sur le torrent qui en descend un petit pont de bois à 301 mètres de la route actuelle (1867) des Ouches à Chamonix. Sur la rive gauche du torrent se voit, au bord d'une première moraine frontale, un gros bloc de protogine à 91 mètres du pont et par

[1] *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1867, IX, 319.

conséquent à 392 mètres de la grande route. Ce bloc, que j'appellerai le bloc de 1818, présente dans sa partie supérieure une face plane du côté du village des Bossons; il est à 97 mètres de l'angle de la maison de la femme Méril-Simon, située à l'endroit nommé aux Rives; la glace le touchait en 1818 et lui avait fait faire trois culbutes, dit-on. M. Soret et moi, dans notre travail pour la conservation des blocs erratiques, nous avons désigné cette pierre comme devant faire partie des monuments nationaux français. Sur la rive droite du torrent des Bossons et à 151 mètres du petit pont, il y a deux gros blocs de protogine qui se touchent, et contre lesquels on a fixé une croix de bois portant la date de 1816; ces blocs étaient, à cette époque, à l'extrémité inférieure du glacier. Cependant, le glacier s'est avancé de 50 mètres plus bas vers la vallée, en laissant les blocs un peu de côté, comme l'indique la présence d'une moraine frontale située entre ces blocs et le pont. Cette moraine est donc à 101 mètres du pont; il est probable qu'elle s'est formée en 1818, à l'époque où s'arrêta le bloc voisin de la maison de la femme Méril. C'est de la face de ce dernier bloc, qui est tournée du côté du village des Bossons, que, le 29 juillet 1866, j'ai mesuré la distance comprise entre le bloc et l'extrémité inférieure du glacier : elle était de 470 mètres (§ 546). Le 2 août 1867, cette distance avait augmenté par le retrait du glacier; elle était de 504 mètres. Par conséquent, le glacier des Bossons est maintenant (1867) à un peu plus d'un demi-kilomètre du point où il était en 1818, et à cette époque il était à 392 mètres de la grande route.

Le 4 août 1867, j'ai aussi mesuré la distance qui sépare l'extrémité inférieure du Glacier des Bois (Mer de Glace) du bloc qui porte la date de 1825 et qui, à cette époque,

était à l'extrémité du glacier[1]. Cette distance était de 367 mètres. Le 3 novembre 1866, M. V. Payot l'avait trouvée de 381 mètres; par conséquent, le glacier des Bois a avancé de 14 mètres en neuf mois, tandis que le glacier des Bossons s'est retiré de 34 mètres dans l'année.

[1] La mesure a été prise à partir de la face de ce bloc tournée du côté de Chamonix.

CHAPITRE XXXVI

RÉSUMÉ

Agents extérieurs à la terre et agents intérieurs, § 803. — *Agents intérieurs :* Refroidissement du globe, ses effets. Des contournements et des failles. Faille du Mont-Granier, 804. — Des contournements. Observations de de Saussure. Traits du relief du sol, 805. — *Agents extérieurs :* Dépôts et dénudations, 806. — Géographie anté-historique. Époque du granit et des schistes cristallins, époque paléozoïque, île Pennine, 807. — Terrains triasique, jurassique, crétacé et nummulitique, 808. — Époque du terrain jurassique supérieur, 809. — Époque crétacée, 810. — Époque du calcaire nummulitique et du macigno alpin, 811. — Dépôt tongrien, 812. — Mollasse, 813. — Apparition des Alpes, ses conséquences, 814. — Époque glaciaire. M. de Saporta. Moraine, 815. — Époque de l'alluvion des terrasses. L'homme, 816.

§ 803. Si je voulais résumer **l'histoire géologique de la région voisine du Mont-Blanc**, j'aurais à énumérer tous les phénomènes qui ont contribué à la formation du globe terrestre ; car, à l'exception des volcans [1], ils ont tous eu leur influence sur le sol de ce petit pays. Je ne le ferai pas : ce serait trop long, et d'ailleurs n'y aurait-il pas de la présomption à déduire des conclusions générales de l'étude d'une contrée restreinte. Aussi je ne toucherai qu'à quelques points de l'histoire qui commence pour ce pays, comme pour tous les autres, au temps où la matière en fusion ignée formait tout le globe terrestre.

On trouve dans la région que j'ai étudiée la preuve évi-

[1] Robilant a été, je pense, le dernier à croire à la présence des volcans dans les Alpes ; il les plaçait près de la Vanoise en Tarentaise, *Mém. de l'Acad. des Sc.*, 1784—85, I, 208.

dente de la lutte continuelle qui existe entre les **agents extérieurs** à la terre et les **agents intérieurs.** On dirait que ces derniers ont pris à tâche de détruire le travail des premiers, et cette lutte, qui a commencé avec la formation du globe terrestre, ne cessera que lorsque ce globe sera refroidi.

Disons quelques mots des deux sortes d'actions produites par ces agents. Celles qui se passent dans l'intérieur du globe peuvent se manifester au dehors de diverses manières: elles résultent principalement du refroidissement de la terre, phénomène très-lent, mais qui a eu et qui aura d'immenses conséquences.

§ 804. Il paraît que le **refroidissement annuel de la surface de la terre** a été plus grand que celui de la masse totale du globe pendant 38 359 ans, comptés à partir de l'origine de ce refroidissement; et qu'après cette date la diminution moyenne annuelle de la température de la masse a surpassé celle de la surface et la surpasse de plus en plus[1]. Notre terre est, sans aucun doute, dans une époque qui a succédé depuis des milliers d'années à la date indiquée ci-dessus; par conséquent, le noyau intérieur diminue de volume maintenant, tandis que l'écorce solide ne se contracte plus. Cette dernière est donc obligée de s'affaisser sur certains points, tandis qu'elle se relève vraisemblablement sur d'autres; de ce fait sa capacité intérieure devenant moins grande, elle peut s'appuyer continuellement sur le noyau central. Telle est, selon toute probabilité, la cause des irrégularités de la surface du sol, de la formation des chaînes de montagnes, des soulèvements continentaux, des refoulements latéraux ou rides de l'écorce solide du globe et de

[1] Élie de Beaumont, *Comptes rendus de l'Acad. des Sc.*, 1844, XIX, 1327.

toutes les modifications du sol, dont une partie était connue sous le nom de *soulèvements* dans le siècle dernier et au commencement de celui-ci. Les mouvements du sol produits par cette cause, ont eu les conséquences les plus importantes en changeant la position relative des continents et des mers, ce qui a modifié les climats, les faunes et les flores. Entrons dans quelques détails.

Dans la formation d'une chaîne de montagnes, il y a **deux genres de dislocations** : les contournements et les failles ; tous deux existent dans le voisinage du Mont-Blanc. Mais, comme on a pu le voir, j'ai cherché en général à expliquer la structure énigmatique de certaines localités par des contournements de couches, parce que j'ai trouvé que la facilité avec laquelle quelques géologues supposent des **failles** offre des inconvénients dans les études géologiques : il est si commode, en effet, d'admettre ce genre de dislocations, qu'on y a trop souvent recours. La plupart du temps, la supposition d'une faille, entre deux terrains dont on ne comprend pas la structure, semble résoudre toutes les difficultés, et en général, une fois que cette explication a été donnée, on ne fait plus de recherches pour trouver la continuation des terrains, leur prolongement et la manière dont le lambeau examiné se rattache aux masses de même âge qui sont plus éloignées. Il y a cependant une espèce de faille au moyen de laquelle on pourrait peut-être expliquer la structure du sol de divers points des Alpes, entre autres la dislocation qui existe à la jonction de ces montagnes et de la plaine, et peut-être aussi une partie de la structure en éventail de la chaîne centrale ; j'en ai trouvé un bel exemple, en 1851, sur le revers S.-E. du Mont-Granier, en passant dans le sentier qui conduit du plateau de l'Erpettaz à Chaparillan. Cette faille détermine une dif-

férence de niveau d'environ 100 mètres entre un massif de roches relativement abaissé (celui de l'Erpettaz), et un massif relevé ; elle est remarquable parce que les couches du massif abaissé plongent contre le massif relevé. Il est évident qu'on peut souvent supposer une faille semblable dans les localités où les couches récentes paraissent plonger sous des roches plus anciennes ; mais après des recherches faites particulièrement dans les beaux atlas de l'*Ordnance geological Survey* d'Angleterre, j'ai renoncé à ce mode d'explication, parce que ce genre de failles est rare.

§ 805. Les **contournements** des couches sont un des phénomènes les plus généraux de la surface de la terre, si l'on range parmi eux non-seulement les plis des couches, tels que ceux de l'Arpennaz (§ 408), du Perron des Encombres (§ 664), etc., mais encore les grandes ondulations des terrains, telles que celles du terrain néocomien qui s'étendent des flancs du Jura au sommet de la Pointe-Percée et à celui des Fiz, en passant sous le bassin du Léman, sous celui des Bornes et en se relevant jusqu'aux crêtes du Salève, des Vergy, etc., ou la voûte actuellement rompue du terrain jurassique qui a recouvert jadis la cime des Aiguilles Rouges (§ 469).

Bon nombre de géologues se sont occupés de ces contournements : M. Rogers[1], M. Murchison[2] ont donné des dessins qui montrent les singulières structures résultant de la combinaison des contournements et des failles. Ces structures se retrouvent aussi bien dans le Jura[3] que dans les Alpes, et j'ai déjà indiqué quelques faits qui démontrent la ressemblance de ces deux chaînes (§ 355).

[1] *The geology of Pennsylvania*, 1858.
[2] *Quart. Journ. of geol. Soc. of London*, 1848, t. V.
[3] *Bullet. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1857, V, 248.

Il y a cependant dans la structure des Alpes de la Savoie quelques **traits qui paraissent spéciaux à cette région** : tel est celui que de Saussure a signalé (§ 304) en disant que, dans les chaînes extérieures des Alpes, les escarpements sont tournés à l'extérieur, et que, dans les chaînes intérieures, les escarpements sont tournés contre les Alpes. On pourrait encore ajouter à cette observation que des couches plus ou moins redressées s'appuient toujours contre les premiers, tandis que les couches qui forment les seconds reposent sur un terrain plus ancien. La loi de Studer (§ 445) fait également connaître un fait important de la structure des Alpes. Enfin, les **principaux traits du relief du sol**, qui sont une conséquence des actions qui se passent dans l'intérieur de la terre, sont les chaînes semi-circulaires (§ 285, 354), la réunion de chaînes séparées (§ 403), les montagnes en forme de voûte (§ 407), les contournements plus ou moins bizarres, tels que ceux du nant d'Arpennaz, de la Dent du Midi (§ 445), des Dents Blanches (§ 442), le renversement des couches à la lisière des Alpes (§ 258, 273, 385), la structure en éventail dans les roches cristallines (§ 590) et dans les roches de sédiment (§ 596, 655, 665), les axes anticlinaux tel que celui qui s'étend de la Bavière au Salève (§ 203, 211, 244), la structure en fond de bateau (§ 304, 318, 322, 369, 374, etc.), enfin la formation des vallées (§ 178 et suiv.).

§ 806. **L'effet** le plus remarquable **produit par les agents extérieurs** consiste dans la formation des dépôts de sédiment, qui sont comme les archives de chacune des époques de la terre. Mais d'où sortent ces immenses masses de matériaux qui semblent avoir été tenues en réserve pour chaque époque particulière? Il est évident que la majeure partie provient de la désagrégation et du transport des ma-

tériaux déposés dans les époques précédentes, en sorte que de tout temps il y a eu des dénudations considérables qui ont abaissé les plaines et les montagnes. Il est difficile d'en calculer l'étendue lorsqu'elles ont eu lieu dans les époques anciennes; mais on voit aisément que les dénudations de l'époque actuelle ont changé le relief du sol; elles expliquent comment les grandes aiguilles de la chaîne centrale des Alpes ont pu se former (§ 501) et pourquoi des sommets élevés et isolés peuvent être couverts de pierre et de débris. Le terrain emporté a été évalué, avons-nous vu, à 200 kilomètres cubes aux Aiguilles Rouges (§ 487), à 330 kil. cubes au Mont-Blanc (§ 609) et à 18 kil. cubes dans une localité peu étendue des bords du lac d'Annecy (§ 380). On arriverait à des chiffres plus considérables encore, si on mesurait les terrains enlevés dans le grand district de Mégève-Hauteluce, où tout le terrain crétacé manque, ainsi qu'une forte proportion du terrain jurassique. Dans la seule partie de ce district comprise entre Cluses, Sallanches, le sommet de la Pointe-Percée et l'aiguille de Platet, espace fort restreint en comparaison de l'ensemble, le volume des roches emportées est d'environ 70 à 80 kil. cubes.

On ne peut malheureusement pas toujours trouver les éléments qui permettent de calculer la quantité de terrain qui a disparu des montagnes ou des plaines; mais, pour peu qu'on examine le sol dans ce but, on se convaincra que les masses enlevées sont excessivement considérables. Celles qui ont été emportées depuis l'époque où les Alpes ont pris leur relief actuel, ont formé l'alluvion ancienne, le terrain glaciaire, l'alluvion des terrasses et les alluvions actuelles. Ces terrains eux-mêmes ont éprouvé, à leur tour, de puissantes dénudations, telles que celles des bords de l'Arve et de Plainpalais (§ 19), en sorte que les terrains sont ravinés

dès qu'ils sont déposés. L'alluvion moderne a été formée en partie aux dépens des autres terrains quaternaires, et au moyen des matériaux descendus directement des Alpes; il en est de même de quelques-uns des terrains qui se déposent actuellement dans les mers où des masses considérables de sable ou de boue sont apportées par les fleuves. Ces terrains seront probablement émergés un jour comme tant d'autres l'ont été avant eux; mais sera-ce avant que la race humaine ait disparu? Nul ne le sait.

§ 807. L'espace que j'ai étudié laisse peut-être voir sur quelques points les rivages des océans qui s'y sont succédé. mais il est trop restreint pour qu'on puisse y retracer leurs contours généraux. Plusieurs savants se sont déjà occupés de géographie anté-historique, ils y ont fait rentrer plus ou moins les environs du Mont-Blanc, et quoiqu'il reste dans leurs études plus d'un point douteux je m'en réfère à leurs travaux [1].

Dans les pages suivantes, je m'attacherai donc à l'étude du sol plutôt qu'à celle de la limite des eaux.

A l'époque de la **formation du granit** et **à celle des schistes cristallins**, le sol de la Savoie, qui offrait vraisemblablement peu d'inégalités, était, comme le reste du monde, au-dessous de la surface des eaux, lesquelles avaient une température élevée. Si à cette époque quelques sommets de montagnes s'élevaient au-dessus de cette mer singulière, ils étaient formés par une des roches de la grande famille des laves.

Pendant **l'époque silurienne et l'époque dévo-**

[1] *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 2me sér , XVI, 412, 596; 1864, XXI, 224; 1865, XXIII, 50. — *Archives des Sc. phys. et nat.*, 1866, XXI, 311. — Lory, *Descript. géolog. du Dauphiné*, 1860. — De Mortillet, Hist. de la Savoie avant l'homme, *Bull. Soc. florimont. d'Annecy*, décembre 1855, etc.

nienne, nos Alpes durent être émergées; car, jusqu'à présent, on n'y a constaté d'une manière positive aucun dépôt marin de cet âge. Plus tard vint **l'époque carbonifère**, pendant laquelle les Alpes formèrent **l'île Pennine**[1] qui, d'après M. Heer, s'étendait de Styrie en France. Les Alpes savoisiennes et celles du Dauphiné en faisaient certainement partie, car on trouve dans leur sein les nombreuses plantes terrestres, dont nous avons parlé (§ 702) et sur lesquelles vivaient des insectes. La partie de la Savoie qui était alors émergée devait présenter un aspect enchanteur, grâce à la luxuriante végétation qui couvrait soit les rivages de la mer, soit ceux des petits lacs dans lesquels se formait la houille. Il est probable cependant que, malgré la beauté de ces anciennes forêts, l'homme n'eût pas vécu agréablement dans ce temps, car, dit M. de Saporta, « il faut croire « à l'existence dans ce premier âge d'une température « chaude, d'une atmosphère dense et voilée, d'une humi- « dité tiède et permanente[2]. » Peut-être aussi la quantité d'acide carbonique de l'atmosphère étant plus considérable que maintenant, n'aurait pas été convenable pour la race humaine.

§ 808. Cet état de choses fut probablement terminé par un **mouvement du sol** qui abaissa au-dessous du niveau de la mer la surface du pays, et lui donna une configuration telle que le **grès arkose** qui correspond peut-être au terrain permien des autres contrées, put se déposer indifféremment sur les schistes cristallins et sur le terrain houiller. Puis vinrent le **terrain triasique**, **l'infra-lias**, le

[1] *Actes de la Soc. helvét. des Sc. nat.*, Lucerne 1862; *Archives*, 1862. XV, 138.

[2] Sur la température des temps géologiques, etc., *Archives*, 1867. XXVIII, 89.

lias, le terrain **jurassique** et les divers étages du terrain **crétacé** qui se déposèrent successivement et à d'immenses intervalles dans les eaux marines qui occupaient les environs du Mont-Blanc. Il n'y a pas de discordance de stratification entre ces terrains, et il est probable qu'ils ont recouvert l'emplacement sur lequel se trouve aujourd'hui la chaîne centrale des Alpes. Ceci paraît évident pour le terrain triasique et le terrain jurassique qui font partie de cette chaîne; quant aux autres, y compris peut-être le terrain **nummulitique**, ils sont terminés du côté du Mont-Blanc par une cassure ou escarpement produit par l'exhaussement du sol, et l'épaisseur que chaque terrain montre dans cette fracture, dénote qu'il s'étendait bien au delà de la ligne à laquelle il se termine maintenant (§ 777)

§ 809. Quoique nous ne puissions pas assigner, en Savoie, de limites aux mers qui ont laissé les dépôts dont nous venons de parler, nous croyons cependant qu'à l'époque du **terrain jurassique** supérieur il y avait un récif de coraux au Salève, une pleine mer aux Voirons et des plages vaseuses dans le Chablais (§ 776). Au reste, ces appréciations, de même que celles que M. Lory a données sur la distribution des terres et des mers dans le Dauphiné à l'époque du terrain jurassique supérieur [1], sont subordonnées à la solution de la question relative à la limite de la période jurassique et de la période crétacée, qui est discutée maintenant [2].

§ 810. Nous avons constaté qu'à **l'époque néocomienne**, il y a eu deux dépôts: le terrain néocomien alpin et le terrain néocomien jurassien, dont les différences pro-

[1] *Descript. géol. du Dauphiné*, 1860, p. 276. — *Archives*, 1866, XXVI. 311; 1867, XXIX, 89.

[2] Pictet, *Mélanges paléontologiques*, 2e et 3e livraisons.

viennent de ce qu'ils ont été probablement déposés, l'un en pleine mer, l'autre sur un rivage.

On ne trouve pas ce terrain dans l'espace que nous avons désigné sous le nom de massif du Chablais, et nous avons supposé que le sol de ce district était, à cette époque, au-dessus de la surface de la mer (§ 351); il en a été de même aux époques subséquentes : urgonienne, aptienne, albienne, et à celle de la craie et du calcaire nummulitique. Pendant ces divers âges de l'histoire du globe, une grande partie de l'emplacement occupé aujourd'hui par les montagnes de la Savoie, qui ne font pas partie de ce que j'ai appelé le Chablais, était recouverte par les eaux marines; mais nous n'avons pas de preuves positives que les terrains formés durant ces époques se soient déposés sur la chaîne centrale. On remarquera aussi que ni le terrain aptien, ni le gault, n'ont été trouvés dans le bassin du Léman, entre les Alpes et le Jura près de Genève, quoiqu'ils soient bien caractérisés dans ces deux chaînes de montagnes. Ils manquent également au Salève; peut-être en ont-ils été emportés?

§ 811. Pendant la période du dépôt du **calcaire nummulitique**, le Chablais, le Salève et le Jura élevaient leurs sommets au-dessus des eaux marines qui s'étendaient autour d'eux; mais le Chablais s'affaissa ensuite de manière à ce que le dépôt du **macigno alpin** en recouvrît la surface, tandis que le Salève et le Jura restaient au-dessus des eaux. C'est à peu près à cette époque que vivaient dans cette dernière chaîne les nombreux animaux (*Palæotherium*, *Anoplotherium*, etc.)[1], dont on a retrouvé les restes accumulés dans les fissures du terrain urgonien de la colline du Mauremont. Ce singulier entassement peut s'expliquer par la

[1] *Mém. sur les animaux vertébrés trouvés dans le terrain sidérolitique du canton de Vaud*, par MM. Pictet, Gaudin et Ph. de la Harpe, 1855-57.

présence d'une source qui les attirait en grand nombre, et sur les bords de laquelle ils se livraient des combats mortels; l'eau ensuite entraînait leurs ossements dans les fissures de la roche.

§ 812. **L'époque tongrienne** succéda aux précédentes, et laissa des dépôts qui se confondent peut-être avec le macigno alpin; on a trouvé dans le val d'Illiez quelques végétaux de la flore qui la caractérise. Les sables tongriens sont bien développés dans les environs d'Annecy et sur le mont Salève qui, à ce moment, était assez peu élevé pour être recouvert par des dépôts marins.

§ 813. Nous ne trouvons pas de représentants de l'époque de la **mollasse** dans l'intérieur des Alpes; cette roche est loin de s'étendre jusqu'à la chaîne centrale; elle ne dépasse point Annecy, Thorens, les environs de Bonneville, les Voirons, etc.; il est donc probable que les hautes Alpes et une partie des chaînes secondaires étaient émergées pendant qu'elle se déposait.

Le Salève s'élevait alors au-dessus de la surface des eaux, comme le prouve l'ancienne existence d'animaux et de végétaux dont on a recueilli les débris autour de cette montagne. Les traces de vagues laissées dans la mollasse de Verrières (§ 199) et de Bonneville (§ 277) dénotent le voisinage d'un rivage. Le Jura était en partie sous l'eau à cette époque, comme l'indique la présence des roches de la mollasse à une grande élévation dans l'intérieur de cette chaîne, à la Chaux-de-Fonds dans le Jura neuchâtelois, et au plateau des Molunes dans le département de l'Ain [1], à 1235 mètres d'altitude.

Dans les environs de Genève et dans les Bornes, le ter-

[1] Benoit, *Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1858, XV, 326.

rain de la mollasse est d'eau douce; par conséquent ce ne fut plus une mer, mais un lac qui envahit cette partie de la Suisse. L'eau marine, cependant, fit des dépôts considérables durant l'époque de la mollasse dans les environs de Lausanne, d'Yverdon, de Fribourg, de Berne, etc. Pourquoi ces dépôts n'existent-ils pas aux environs de Genève? Les données manquent pour décider si ces grès marins n'y ont jamais été déposés, ou s'ils en ont été emportés.

On a beaucoup écrit[1] sur la configuration, la faune et la flore de la Suisse à l'époque de la mollasse; M. le professeur Heer[2] s'en est occupé avec grand succès. Dans ce temps, notre pays devait présenter un riant aspect : la végétation était belle et abondante, les espèces végétales plus nombreuses que maintenant; 3000 phanérogames environ y vivaient et les plantes de la famille des palmiers n'y étaient pas rares, on en a retrouvé treize espèces. « Vers « l'époque où la mer mollassique baignait les rives de la « Suisse, dit M. Heer[3], les collines qui l'environnaient « étaient couvertes de noyers qui, avec les canneliers et les « myricées, devaient lui donner un aspect particulier. » L'homme n'était pas encore sur la terre pour recueillir les noix; mais les écureuils n'étant pas aux prises avec leur plus cruel ennemi, se chargeaient de la récolte. La température était de + 20 à 22° C., à peu près comme celle de la Louisiane, des Canaries, etc. Les animaux aquatiques et

[1] Gaudin, Flore fossile des environs de Lausanne, *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, 1853, III, 247, et V, 145. — *Mém. Soc. helvét. des Sc. nat.* — De la Harpe, *Bull. Soc. vaud. des Sc. nat.*, V, 123.

[2] Flora tertiaria helvetica, *Recherches sur le climat et la végétation du pays tertiaire*, 1861. — Voy. un article de M. Alph. de Candolle sur ce sujet, *Archives*, 1862, XIV, 48. — *Die Urwelt der Schweiz*, 1865, par M. Heer.

[3] *Archives*, 1858, III, 55.

terrestres, tels que l'anthracotherium, le rhinocéros, les tortues, les mollusques, les insectes étaient encore nombreux. La douceur du climat provenait sans doute d'une distribution des mers et des terres assez différente de celle de l'époque actuelle, pour que des plantes délicates pussent vivre au Groënland[1]. Cependant la température paraît s'être abaissée pendant les derniers temps de l'époque tertiaire.

§ 814. Le dépôt du terrain tertiaire de notre pays fut terminé par un **mouvement du sol** qui, selon toute probabilité, changea considérablement l'état du continent européen, forma la chaîne du Mont-Blanc et modifia profondément la région voisine de cette montagne. M. Élie de Beaumont a donné à l'ensemble des dislocations de cette époque le nom de **« système des Alpes occidentales. »** Par suite de l'exhaussement du sol, la hauteur de la chaîne centrale a été plus grande qu'elle n'est aujourd'hui : ce fait est démontré par l'abaissement qu'elle a subi depuis lors (§ 609, 659). Les chaînes secondaires prirent une structure dont l'étude nous a fait croire à l'action d'un refoulement latéral (§ 597). Les couches de la mollasse furent redressées souvent verticalement, et d'autres fois furent renversées. Le grand axe anticlinal qui traverse la Suisse se forma (§ 203, 211); il atteignit son maximum d'élévation au mont Salève, qui prit à cette époque son apparence actuelle (à l'exception des érosions qui l'ont modifié depuis). Les vallées principales des Alpes n'existaient pas, avons-nous dit (§ 255), à l'époque de la formation de la mollasse, puisque cette roche ne s'est pas déposée dans leur intérieur; mais elles furent alors ouvertes parallèlement et perpendiculairement à la chaîne centrale par les dislocations du sol (§ 192) ; les agents ex-

[1] Ueber den versteinerten Wald, etc. Sur la forêt fossile d'Atanakerdluk. *Archives*, 1866, XXVII, 242.

térieurs seuls ne les creusèrent pas entièrement (§ 178 et suiv.[1]), et leur direction fut déterminée par des fentes plus ou moins grandes. Ces fentes donnèrent passage aux eaux provenant de la fonte des neiges qui, pour la première fois, couvraient les hauts sommets des Alpes. Les vallées furent en partie comblées par des éboulements énormes, détachés de la surface des montagnes à la suite des mouvements de la partie du globe que nous appelons l'écorce solide.

§ 815. L'humidité produite dans le climat de l'Europe et de plusieurs autres parties du monde, par l'exhaussement des dépôts tertiaires qui sortaient des eaux et qui en étaient encore imprégnés, l'action réfrigérente des montagnes qui étaient plus élevées que maintenant et peut-être d'autres causes encore (§ 176), amenèrent un refroidissement dans l'atmosphère et une grande condensation de neige sur la plupart des sommets de notre voisinage. Nous avons désigné cet âge de l'histoire du globe sous le nom **d'époque glaciaire.** Dans ses intéressantes *Recherches sur la température des temps géologiques*, qui sont basées sur l'étude des végétaux, M. le comte de Saporta nous dit que « la « température aurait subi autrefois des oscillations difficiles « à définir; mais elle aurait conservé, malgré ses variations, « un degré d'élévation à peu près égal à celui qui existe « maintenant sous les tropiques, jusqu'après le milieu des « temps tertiaires. Ce n'est qu'à partir de ce moment, c'est-

[1] En 1838, M. Fournet avait signalé en Savoie le *Système des cluses*, dirigé du N. 30° O. au S. 30° E., *Ann. de la Soc. d'agricult. de Lyon*. Un grand nombre de géologues se sont occupés des vallées; nous indiquerons seulement l'opinion de Dolomieu, *Journ. des Mines*, an VI, VI, 424. Il admet que, dans les Alpes, quelques vallées sont formées par dénudation, mais que d'autres doivent leur naissance à d'énormes fentes et à l'intervalle qu'ont laissé entre elles d'immenses masses disjointes.

« à-dire vers l'époque où se déposait la mollasse suisse, « qu'elle aurait commencé à décliner[1]. Cette citation milite en faveur de l'abaissement, si difficile à expliquer, qui eut lieu dans la température du climat de l'Europe durant l'époque quaternaire. On sait qu'un changement de 4 ou 5° C. dans la température moyenne actuelle amènerait les glaciers de la chaîne centrale jusque dans la plaine suisse (§ 168), et à l'époque quaternaire les montagnes étant plus hautes et plus larges que maintenant, donnaient au sol une pente générale qui facilitait la marche des glaciers[2]. Ceux-ci s'avancèrent donc au delà de la plaine suisse, formèrent l'alluvion ancienne, agrandirent les vallées, déblayèrent les masses rocheuses qui les encombraient, nivelèrent le sol, déposèrent les argiles glaciaires et les blocs erratiques et abandonnèrent, en se retirant, les moraines qu'ils avaient formées pendant les temps d'arrêt de leur retraite, telles sont celles de la Crétaz de Saleinoz (§ 584), des Confins (§ 396), de la Serra (§ 157), etc. Cet état de choses, durant lequel vivaient quelques animaux semblables à ceux qui habitent maintenant le pays (§ 77) et pendant lequel les paysages devaient rappeler ceux des parages des mers glaciales, faisait un contraste bien frappant avec les riants aspects de l'époque tertiaire, dont la végétation ressemblait à celle des régions les plus favorisées de l'époque actuelle.

§ 816. Mais au commencement de la formation de **l'alluvion des terrasses**, la température se releva de quelques degrés, et notre pays se rapprocha peu à peu de ce qu'il est aujourd'hui. L'ours des cavernes, le grand élé-

[1] *Archives*, 1867, XXVIII, 135.

[2] S'il est vrai que l'épaisseur de l'argile du port de Genève soit de 90 mètres (§ 22), le relief du sol des environs de cette ville était fort différent avant l'arrivée du terrain glaciaire de ce qu'il est maintenant.

phant (*Elephas primigenius*) vécurent alors (§ 44); peut-être avaient-ils été contemporains de la grande extension des glaciers.

La surface du sol était à peu près ce qu'elle est actuellement; seulement le fond des vallées était plus élevé (§ 42). Peu à peu une partie des graviers qui formaient ce fond fut emmenée par les eaux. Ces dernières, très-abondantes au moment où les grands glaciers commençaient à fondre, diminuèrent et se creusèrent des lits moins larges en laissant des berges étagées en terrasses les unes au-dessus des autres, et en s'abaissant jusqu'au niveau de l'alluvion moderne qui se dépose maintenant. Le commencement de l'époque de l'alluvion des terrasses se confond avec l'époque glaciaire, et sa fin avec **l'époque actuelle.** Ces deux périodes n'en font même qu'une au point de vue de la paléontologie. **L'Homme** apparut dans notre pays, et probablement sur toute la terre, pendant l'époque de l'alluvion des terrasses; il a été contemporain en France et en Belgique de l'ours des cavernes et du grand éléphant; plus tard, il fit pour le renne (§ 44, 45, 243), dans le centre de l'Europe, ce qu'il est en train de faire dans notre pays pour le lynx, le bouquetin et le chamois, c'est-à-dire qu'il l'en chassa. L'apparition de l'homme sur la terre ne paraît liée à aucun fait géologique remarquable [1]. Il ne s'est produit à

[1] Nous n'avons pas trouvé dans les Alpes de traces de dislocations du sol ayant eu lieu à l'époque quaternaire; mais il est probable que cette chaîne a été ébranlée par des tremblements de terre plus ou moins semblables à ceux qui de nos jours y sont parfois assez fréquents. L'année 1855 a été remarquable sous ce rapport (*Archives*, 1856, XXXIII, 299, et XXXVI, 20). Les secousses commencèrent au mois d'août, à peu près dans le temps où le volcan de Maunaloa, dans l'île d'Hawai, eut une terrible éruption: « L'éruption du mois d'août de l'année 1855, dit le Révérend T. Coan, surpassa, par ses proportions et sa durée, tout ce que la génération actuelle a pu voir. » *Bull. Soc. de géographie*, 1866, XII, 224.

ce moment aucune modification dans la flore, dans la faune, ni dans les dépôts qui se formaient. Selon toute apparence, les dépôts d'eau douce et marins du genre de ceux qui se font maintenant continueront à s'accumuler, jusqu'à ce que quelque mouvement venant de l'intérieur de la terre en modifie la surface extérieure; alors, probablement au moyen d'un de ces phénomènes biologiques dont Dieu seul a le secret, il arrivera sur la terre une nouvelle faune et une nouvelle flore.

APPENDICES

I

DOCUMENTS RELATIFS AUX ANCIENNES CARTES DES ENVIRONS DU MONT-BLANC, PUBLIÉES AVANT 1744.

On croit généralement que la vallée de Chamonix était inconnue avant le voyage que Pococke et Windham y firent en 1741. Or, une pierre portant une inscription trouvée au passage de la Forclaz, à 1500 mètres d'altitude (§ 553) a prouvé qu'en l'année 74 de notre ère, le pays était assez habité pour qu'il fût nécessaire d'y tracer une limite entre les territoires de deux peuples voisins[1]. On sait encore qu'au commencement du dix-septième siècle, saint François de Sales avait visité Chamonix; Blaeu et Burnet connaissaient le nom de cette localité, et au commencement du dix-huitième siècle, un ingénieur genevois, Fatio de Duillier, avait voulu mesurer le Mont-Blanc.

Mais il y a plus. Des recherches ultérieures ont fourni des détails historiques sur Chamonix. Dans une brochure de M. Markham-Sherwill[2], on trouve des faits qui remontent à l'an 1090; on y voit que plusieurs évêques ont visité

[1] A cette époque, il n'existait pas de pont sur l'Arve dans les environs de Servoz (le pont Pélissier est de 1567); il en résultait vraisemblablement que la Forclaz était le passage principal pour aller à Chamonix, car le sentier qui suivait la rive gauche de l'Arve était fort mauvais, il y a encore très-peu d'années.

[2] *A brief historical sketch of the valley of Chamouni commencing with the foundation of the Priory in 1090.* Paris 1832, broch. in-8°.

la vallée et que les indigènes avaient la réputation d'aller chercher fortune en Allemagne, en France, en Italie, et de revenir ensuite dans leur pays natal. Récemment, enfin, le *Régeste genevois*[1] nous a fait savoir que les habitants de la vallée de Chamonix avaient anciennement soutenu des rapports réguliers avec ceux des autres parties de la vallée de l'Arve et surtout avec les seigneurs de Faucigny.

A tout prendre, cependant, la partie supérieure de cette vallée fut peu connue et nullement fréquentée par les voyageurs jusqu'à l'expédition de Pococke et de Windham.

Laissant les recherches historiques sur Chamonix, j'ai essayé de connaître l'époque depuis laquelle les géographes avaient figuré avec quelque exactitude les environs du Mont-Blanc, désigné anciennement par le nom expressif de *Montagnes Maudites*. J'ai été peu à peu conduit à dresser un catalogue des principales cartes de cette région publiées avant 1744; plus tard, les cartes deviennent trop nombreuses et sont trop connues pour qu'il soit nécessaire d'en parler. J'ai introduit dans cette liste quelques renseignements que je crois peu connus, et j'ai reproduit trois cartes (Pl. XXIX).

1) La carte de Peutinger dressée vers 393 selon les uns ou vers 435 selon d'autres. Je n'indique cet ancien document que pour rappeler que le chemin du Petit St-Bernard, d'Aime à Aoste, y est tracé.

2) **1367**[2]. Mappemonde des frères Pizigani. — L'original est à Parme; il en existe une belle copie au Musée Roumianzoff, à St-Pétersbourg; cette carte est reproduite dans les *Monuments de la Géographie* de M. Jomard.

[1] *Régeste genevois*, ou répertoire chronologique et analytique des documents imprimés relatifs à l'histoire de la ville et du diocèse de Genève avant l'année 1312, par MM. Paul Lullin et Ch. Le Fort.

[2] Ce chiffre indique l'année.

3) **1375.** Carte catalane. — L'original est à la Bibliothèque impériale de Paris; elle a été reproduite par M. de Santarem.

4) **1497.** Carte de Freduci d'Ancône. — L'original est à la bibliothèque de Wolfenbuttel. Le lac Léman y est désigné sous le nom de *lacus lusanus.*

5) **1541.** Atlas dressé d'après les écrits de Claude Ptolémée d'Alexandrie.

Les ouvrages précédents sont tracés à une échelle trop petite pour qu'ils offrent de l'intérêt comme représentation des bords du lac de Genève.

6) **1554.** Sébastien Munster. *Cosmographie universelle*, in-folio. Bâle 1544, 1550, 1628, etc. — La même traduite en français, in-fol. Bâle 1555 et 1560. — On y trouve une carte du lac Léman.

7) **1555.** *Jodoco a Meggen Lucernati Prætorianorum Præfecto Ant. Salamanca. Romæ MDLV Jacobus Bossius Belga in æs incidebat.* — Bibl. imp. de Paris, portefeuille n° 32. — M. le professeur Chaix a bien voulu dessiner cette carte dans la Pl. XXIX, fig. 1 de mon atlas. J'ai préféré reproduire celle-ci plutôt que celle de 1554, parce qu'elle est, je crois, moins connue. D'ailleurs ces deux cartes ont beaucoup de rapport.

8) **1556.** *Opera de Jacomo Gastaldo piemontese cosmographo in Venetia, nella quale e descritto la regione del Piemonte*, etc. — Bibl. imp. de Paris, portefeuille n° 2. — La contrée située au nord de la Maurienne n'y est pas figurée.

9) **1562.** *Descrittione del ducato di Savoia novamente posto in luce in Venetia anno MDLXII*, par *Paulo Forlani Veronese: Ferando Berteli libraro exc.* — Ancien atlas du British Mus., p. 58, et Bibl. imp. de Paris, atlas D. 1707. — Cette carte, qui est reproduite dans mon Atlas, Pl. XXIX, fig. 2, par les soins de M. le professeur Chaix, est remarquable par le petit développement du cours de l'Arve, et par les deux rivières qui se jettent dans le lac Léman sur sa rive méridionale.

10) **1567.** *Helvetiam illam regionem..... Paulus de Forlanis, Veronensis, Venetii.* — British Mus. Cette carte ressemble beaucoup à celle de 1555.

11) **1569.** Gérard Mercator. Mappemonde. — Reproduite

par M. Jomard dans ses *Monuments de la géographie*. L'Arve n'y est pas marquée, et le Rhône n'est pas indiqué dans le Valais.

12) **1573.** Ortelius (Abraham). *Theatrum orbis terrarum. Antwerp. 1573*, 1 vol. in-fol. — A la p. 16 se trouve une carte de la Savoie sous le nom de *Sabawdiæ et Burgundiæ comitatus descriptio, auctore Ægidio Bulionio Belga.* — British Mus., carte très-inexacte.

13) **1600.** *Savoye's general Map.* — British Mus., n° $\frac{20965}{110}$. Cette carte paraît être la même que celle de 1562 ; la date et le nom de l'auteur sont seuls changés.

14) **1602.** Carte de la Savoie dans le *Thrésor de Chartes*, par Christophe Guyot ; l'an 1602. — British Mus., n° $\frac{916}{114}$. — On lit, p. 120 de ce volume : « On pense que ce nom (les Sa- « voyards) leur a été donné à cause de quelques eaux et peuples « de la Sabatie, que Ptolémée et autres colloquent souz les Al- « pes : ou bien des Sébusiens et est ceste villotte Sebusium situé « aux limites des Allobroges, à présent appellé le Bourg en « Bresse. Bovillus en donne une autre origine, assavoir que ce « pays, estoit fort tourmenté de voleurs et meurtriers, qui y « estoyent en grand nombre sur les chemins qui y sont estroits « entre les Alpes et partant aussi peu habités. Mais que l'Empe- « reur le donna à un certain Gentil-homme qui à force d'armes « en chassa ces méchants et asseura les chemins pour les passa- « giers, tellement que ce pays qui auparavant estoit appelé Maul- « voye, à cause des mauvais chemins, fut de là en avant appellé « *Saulvoye* comme qui dirait bon chemin, les Latins l'appellent « aussi *Sabaudia.* »

15) **1600.** Les cartes suivantes présentent une grande amélioration, qui est due probablement à ce que l'attention était attirée sur la Savoie par les voyages de saint François de Sales. Ce prélat visita Sixt en 1603 [1] et Chamonix en 1606.

16) **1607.** Gérard Mercator. *Atlas sive cosmographicæ me-*

[1] Il alla voir des habitants qui, à trois lieues de Sixt, avaient eu beaucoup à souffrir d'un éboulement. *Vie de saint François de Sales*, par Marsollier ; nouv. édit. Tours, 1846, liv. V, 146. — *Œuvres complètes de saint François de Sales*, publiées par Béthune. Paris 1836, I, 115. Cet éboulement est probablement celui de la *Croix de Pelly*, qui eut lieu en 1602. — Pictet, *Itinéraire des vallées autour du Mont-Blanc*, 1829, p. 156.

ditationes de fabrica mundi et fabricati figura. Sumptibus Cornelii et Jodoci Hondii, Amstelodami 1607; 2me édit. — Cet atlas contient plusieurs cartes où le lac de Genève est figuré. A la page 48 se trouve une carte de Savoie ; les noms de villages y sont nombreux, mais les montagnes sont très-défectueuses ; le sud est placé au haut de la carte.

17) **1608?** *Burgundiæ comitatus. France-comté. Leclerc excudit. H. Picard fecit.* — Cette carte paraît être une copie de la précédente, sans date. Bibl. imp. atlas D. 1707.

18) **1610?** *Sabaudiæ ducatus, la Savoie. Amstelodami. Jodocus Hondius excudit.* — British Mus., n° $\frac{20965}{130}$ avec la date 1610? Hondt mourut en 1611. Cette carte est meilleure que les précédentes ; le nom de *Chamonys* y figure, et c'est la première fois que je l'ai remarqué sur une carte. Le cours de l'Arve n'est point mal dessiné, mais le Bon-Nant, vallée de Montjoie, porte le nom de l'Arve. Les noms de villages sont nombreux ; Sixt n'y est pas marqué.

19) **1619.** *Lacus Lemanus vicinorumq. locorum nova et accurata descriptio. J. Leclerc excudit 1619. H. Picard sculp.* — Cette carte paraît être une copie de celle de Mercator.

20) **1625.** Gaspar Baudoin. *Charte de la Suisse, de la Rhétie ou des Grisons,* etc. — Bibl. imp.

21) **1630.** *Carte générale de la Savoye, du Piémont, duché de Montferrat, marquisat de Salusses, etc. Anno 1630, à Paris chez Melchior Tauernier, graveur et imprimeur du Roy.* — Cette carte est peu complète. Bibl. imp.

22) **1635.** *Sabaudia ducatus. La Savoie. Amstelodami Jodocus Hondius excudit.* — Bibl. imp. Atlas D. 1707, p. 109. Une autre carte à peu près semblable a été publiée sans nom d'auteur.

23) **1640?** Joan Janssonius. *Sabaudia ducatus. — Savoye. Amsterdami.* — Sans date. British Mus. avec la date de 1640? Cette carte paraît être une copie de celle de Hondius de 1610?

24) **1643.** *Haute-Lombardie et Pays circonvoisins,* etc., *par Sanson.* 1643. — Bibl. imp.

25) **1643.** Coulon, dans *l'Ulysse françois ou le Voyage de France, de Flandre et de Savoye. Paris, 8°, 1643,* p. 479, nous

dit « qu'il est fort probable, que le nom de Sauoyards vient de « Sabaudus Archeuesque d'Arle, Vicaire et Légat du S. Siége « en France sous le Roy Childebert; qui les ayant instruits en « la foy du Christianisme, leur imposa son nom en leur confé- « rant le Baptême. » Il ne dit rien des grandes montagnes.

26) **1644.** Coulon. Les *Rivières de France.* Paris, 2 vol. in-8°. — Il n'y a pas de carte. Au tome II, p. 11, on trouve quelques mots sur le lac de Genève : « Long de quinze ou seize lieues, « large de quatre, si profond en quelques endroits, qu'on ne l'a « pu sonder avec cinq cens brasses de corde, et si sujet aux tem- « pêtes excitées par des vents qui soufflent dessous l'eau, et por- « tent ses vagues bien haut, l'air d'ailleurs étant calme et serain, « qu'on le prendrait plutot pour le destroit d'une mer orageuse « que pour un ramas d'eaux languissantes et mortes. Il prend « son commencement depuis les Monteys en Chablais et s'étend « jusqu'à Genève ayant ses deux bords chargez de bonnes villes « et de belles maisons qui rendent son aspect agréable. »

« La plus haute montagne du pays (de Fossigny) est, dit-il « p. 27, la glaciale appellée « Maudite » par les habitants à cause « des neiges perpétuelles qui la couvrent, dont se forme le « cristal. »

27) **1650?** *Sabaudiæ status. Nicolaus Visscher Amstelodami.* — Au British Mus. elle porte 1690? A la Bibliothèque impériale, on voit que Visscher a publié de 1624 à 1660, ce qui m'a fait choisir la date de 1650. Les *glacières* sont placées à l'est de *Chamuny*, et la chaîne des Alpes y est dessinée avec un relief assez remarquable.

28) **1657.** *Helvetiæ Rhetiæ et Valesiæ..... Joh. Conradi Gygeri helv. Tigurini delineata a Conrado Meyero in æs incisa 1657.* — Belle carte. Bibl. imp. Atlas D. 1707.

29) **1660?** *Sedes belli in Dauphinæ et Provinciæ nec non Ducatus Sabaudiæ....., Cornelius Dankerts, Amstelodami.*—Au British Mus. elle porte 1660? Le nom de Sixt est indiqué pour la première fois, et les glaciers sont figurés à peu près à la place du Mont-Blanc. On y remarque un chemin allant de *Chamonys à Cormajeur*[1], près *Cramoyen* (Cramont?) par le *Cormajeur*

[1] De Saussure écrit quelquefois *Cormajor. Voyages*, § 490.

ou *Col major* (col du Géant). Les routes ne sont pas marquées sur cette carte; il n'y en a pas de Genève à *Chamonys*; mais les passages sont indiqués dans les hautes montagnes. Il est donc évident que l'on connaissait anciennement le col du Géant (§ 573). On sait que ce dernier nom a été donné à cet endroit par de Saussure (*Voyages*, § 2027). Robilant (*Mém. de l'Acad. de Turin*, 1784-85, I, 226) nous dit que Courmayeur était la *Curia major* si célèbre au temps des Romains. « Non loin de là, « ajoute-t-il, dans le village d'Entraive, on remarque encore les « siéges de pierre où les Préteurs rendaient publiquement jus- « tice. »

30) **1663.** Sanson. *Partie septentrionale des Estats de Savoye où sont les duchés de Genevois et de Chablais et le Faucigny*, etc. — La partie méridionale a été également publiée en 1663; une seconde édition a été faite en 1690, et une troisième en 1741. Une partie de la chaîne du Mont-Blanc porte le nom de *Glacière de l'Argentière*. On y voit aussi le *Mont-Malay* (près du Géant). Bibl. imp.

31) **1665.** *Fredericus de Witt. Amstelodami. Illustrissimo celsissimoque Principi Carolo Emanueli D. G. Sabaudiæ duci Pedemontii Principii..... hanc accuratam status Sabaudici Tabulam in Ducatum Sabaudiæ Principatum Pedemontii Conciliatum Nicæ et cæteras Partes minores exacte divisam.* — Cette carte s'étend du lac de Genève à Savone. On y voit une route de Genève à Taninge; Sixt, Champéry et St-Maurice y sont marqués. Les *glacières* sont indiquées à la place des Aiguilles Rouges, entre *Chamonis* et *Valosenne* (Valorsine), et ce dernier endroit est placé dans la vallée du Giffre.

32) **1665.** Sanson. *Les Estats du duc de Savoye au delà des Alpes et vers l'Italie*, etc. — Plus tard, Sanson a publié : *Les Estats de Savoie, Piémont et le Comté de Nice. Amsterdam.* — Sans date. Au British Mus. elle porte 1710? mais je crois qu'elle a été publiée avant cette époque.

33) **1666.** *Le Duché de Savoye, Sabaudiæ ducatus. A Paris, chez Jollan.* — Mauvaise carte pour les hautes montagnes.

34) **1670?** Dankerts. *Status Sabaudici tabulam..... Amstelodami.* — Au British Mus. elle porte la date de 1670? Les

glacières y sont placées au sud de *Chamuny;* Cormayeur n'est pas marqué.

35) **1676.** Sanson. *Les montagnes des Alpes où sont remarqués les passages de France en Italie,* etc. Chez Jaillot.

36) Du Val. *Carte de Savoye et des païs de Genevois, Faussigni, Chablais, etc.* — dédiée à Monseigneur Henry de Savoie, Duc d'Aumale. Carte très-peu détaillée, sans date.

37) **1677.** Du Val a encore publié : *La Savoye divisée en ses grandes parties.* — Carte peu détaillée.

38) **1680.** De Gio. Giacomo de Rossi. *Alta Lombardia e stati adessa circonvicini,* etc. — Carte assez mauvaise de la Savoie, ressemble beaucoup à celle de Sanson de 1643.

39) **1680.** Th. Borgonio. *Carta generale di Stati di Sua Altezza reale.* — Dédiée à Madame Reale Maria Giovanna Battista di Savoia, mère de Victor-Amédée II. Grande carte, très-belle pour l'époque, fort inexacte surtout dans les montagnes.

40) **1680?** Jacob Sandrart. *Ducato Sabaudiæ Principat. Pedemont..... Tabula.* — Sans date ; sur le catalogue du British Mus., elle porte : Nuremberg 1680?

41) **1682.** Jean Blaeu. *Theatrum statuum Sabaudiæ Amstelodami,* 2 vol. in-fol. — Ce magnifique ouvrage a été traduit sous le titre de : *Théatre des Etats du Duc de Savoie* par *Bernard James,* professeur de philosophie et de mathématique et ministre de l'église wallonne à Leyde. La Haye, 1700, 2 vol. in-fol. Bernard James était né à Nions en Dauphiné, en 1653 ; il mourut en 1718. Cet ouvrage, fait avec un grand luxe, renferme beaucoup de planches représentant des villes, des châteaux forts, etc. Il contient aussi des cartes qui paraissent être des réductions de celle de Borgonio. Les montagnes sont mal représentées. Blaeu dit, t. II, p. 3 : « Il y a dans « ce pays (le Foucigny) des montagnes d'une hauteur prodigieuse et particulière- « ment du côté du Valay et de la ville d'Aouste. C'est là où est « celle qu'on nomme *les Glacières* et que les habitants appellent « la *Montagne Maudite,* parce qu'elle est toujours couverte de « neige et de glace. » Plus loin, il ajoute : « L'Arve a sa source « au Mont Chamounis au dessous du Mont des Glacières. »

42) *Sabaudia Ducatus. Savoye. Amsterdami apud G. Valk*

et P. Schenk. — Tout l'emplacement du Mont-Blanc est couvert de petits arbres. Sans date, tirée probablement de Blaeu avec quelques modifications. Bibl. imp., n° 5963, VII, 13.

43) *Lacus Lemanus locorumque circumjacentium accurati..... Jacobo Govlartio Genevensi* (d'après Blaeu).

44) **1690.** Sanson. *Les Montagnes des Alpes;* à Paris. chez Jaillot. — On y voit encore une route de Chamonys à Cormayeur par le Col-Major, comme dans la carte n° 29. Le Plan des Dames, près du Bonhomme, y est indiqué. Bibl. imp.

45) **1690.** Sanson. *La Lombardie où sont les Estats de Savoie, Piémont, Milan, Gênes,* etc. — La Savoie est mal représentée dans une petite partie de cette carte. Bibl. imp.

46) **1691.** Le P. Placide-Augustin Dechaussée, géographe de S. M. *La Savoye dédiée au Roy.*—Echelle: $\frac{1}{350000}$. La chaîne du Mont-Blanc est peu marquée. Cependant le Col Major y est indiqué. Bibl. imp.

47) **1691.** N. de Fer. *Les Frontières de France et d'Italie où se trouvent les Etats des Ducs de Savoye,* etc. — Carte peu bonne pour l'époque.

48) **1691.** I. B. Nolin. *Les Etats de Savoye et de Piémont.*— 2 feuilles. Echelle : $\frac{1}{160000}$. Cette carte devait être assez bonne dans son temps ; la forme du lac de Genève y est cependant peu exacte. Seconde édition de cette carte en 1694. Bibl. imp.

49) **1692.** N. de Fer. *Principauté de Piémont, duché ou val d'Aoust, marquisat de Suse, comté de Tarentaise, comté de Morienne.* — Cette carte, assez belle mais peu exacte, est dans le genre de celle de Borgonio. Bibl. imp.

50) **1692.** Giacomo de Rossi. *La Savoia divisa, nelle sue principali Provincie..... da Giacomo Cantelli da Vignola e data in Luce da Dominico de Rossi erede di Gio. Gia. de Rossi.* Echelle : $\frac{1}{265100}$. Bibl. imp. — Jolie carte pour l'époque.

51) **1692.** *L'Etat du duc de Savoie de çà et de là les monts sçavoir le Piémont, la Savoie et l'Etat de Nice. Dressé sur les originaux de M. Babinet.*—Les montagnes y sont mal figurées.

52) **1693.** *Dal Padre Cosmographo Coronelli, Stati di Sa-*

voia, Piemonte, dedicati all Illustrissimo e Excellentissimo Signore Ottavio Manin. Venise. — Bibl. imp.

53) **1660 à 1695.** On trouve dans la *Vie de Jean d'Arenthon* d'Alex. in-12, Lyon, 1697, p. 147, un renseignement relatif aux glaciers de Chamonix qui vaut la peine d'être reproduit, malgré la forme bizarre sous laquelle il est donné. Jean d'Arenthon était évêque de Genève (à Annecy) de 1660 à 1695, date de son décès. Ce renseignement est le suivant :

« Les habitans d'une paroisse appellée Chamonix montrèrent « d'une manière singulière la confiance qu'ils avoient en la bé- « nédiction de leur Evêque. Chamonix est frontière du Pays de « Vallay, et elle a de grosses montagnes qui sont chargées de « glaces et de néges aussi bien en Esté qu'en Hyver. Leur hau- « teur semble porter leurs pointes jusque dans les nuës, et elles « s'élèvent presque autant que la veüe peut porter. Ces glaces « et ces néges qui viennent toujours en penchant depuis la cime « jusqu'en bas, menacent sans cesse de ruine les lieux circonvoi- « sins ; et autant de fois que l'Evêque allait faire sa visite en ces « quartiers-là, les Peuples le prièrent d'aller exorciser et bénir « ces montagnes de glace. Environ cinq ans avant la mort de « notre Evêque, ces Peuples lui firent une députation pour le « prier de les aller voir encore une fois, dans la crainte qu'ils « avoient que devenant plus vieux de jour en jour, sa vieillesse « ne les privât de ce bonheur. Ils s'offroient avec leur bonne foy, « de faire tous les frais du voyage et ils assuroient que depuis sa « dernière visite les glacières s'étoient retirées de plus de quatre- « vingt pas. Le Prélat charmé de leur foy leur répondit : *Ouy « mes bons amis j'iray quand je m'y devrois faire porter pour « joindre mes prières aux votres.* Il y alla et fut reçu avec une « joye qui correspondoit à la foy de ces bonnes gens et à leur « confiance à leur Evêque qui y fit ce qu'ils desiroient. J'ai une « attestation faite avec le serment des plus Notables de ces « lieux, par un acte public, dans lequel ils jurent que depuis la « bénédiction donnée par Jean d'Arenthon, ces glacières se sont « retirées de telle sorte, qu'elles sont à présent éloignées d'un « demy quart de lieuë du lieu où elles étoient avant la bénédic- « tion et qu'elles ont cessé de faire les ravages qu'elles faisoient « auparavant. »

Il semblerait donc que, vers la fin du dix-septième siècle, les glaciers ont éprouvé un retrait, et cette opinion est confirmée

par ce que nous dit M. J. Moore dans la seconde édition de son ouvrage publié en 1779 [1]. Ce voyageur assure « que les vieillards « de Chamonix se souviennent du moment où les glaciers étaient « beaucoup plus petits que maintenant, et ils se souviennent « du temps où l'on pouvait aller de la Vallée de glace à des en- « droits derrière les montagnes, par des passages qui sont main- « tenant barrés par des collines de neige, lesquelles n'ont pas « plus de cinquante ans. » Dans cette phrase, on fait évidemment allusion au passage du col du Géant par la Mer de glace ou Vallée de glace.

54) **1699**. Sanson. *Le gouvernement général du Dauphiné et des Pays circonvoisins où sont la Savoie*, etc. — Cette carte n'est point bonne même pour cette époque.

55) **1700?** *Savoy.*—Petite carte publiée à Londres. British Mus. n° $\frac{193 f. 29}{23}$.

56) **1703.** *Les Frontières de France et d'Italie*, etc.— Carte vendue par J. Cailloué et de Mortier.

57) **1704.** Jean Besson. *L'Etat du duc de Savoie de çà et de là des Monts, sçavoir le Piémont*, etc. — Echelle : $\frac{1}{250000}$. Grande carte dans le genre de celle de Borgonio.

58) **1705?** *Les Etats de Savoye et du Piémont*. Paris, chez Nolin.

59) **1707.** Jaillot. *Les Estats de Savoye et de Piémont, le Dauphiné, la Bresse, partie du Lyonnais et de la Provence.* — Grande carte assez détaillée; le chemin qui passe par le *Col Major* est aussi bien tracé et aussi large que celui de Genève à Bonneville; celui-ci ne se trouve pas sur la rive droite de l'Arve, mais sur la rive gauche.

60) **1707?** Jaillot. *Les Duchés de Savoye, de Genève, de Chablais*, etc. — Carte dans laquelle on voit aussi un chemin au travers de la chaîne du Mont-Blanc, de *Chamunis à Cormayeur* par le *Col Major*. 1 feuille. Bibl. imp., sans date.

61) **1760.** De Fer. Carte à l'échelle de $\frac{1}{136000}$.

[1] A view of Society and manners in France, Switzerland and Germany. 2me édit. London 1779, I, 233.

62) **1710?** Ottens. *Status Sabaudici*, etc. Amsterdam. — Sans date. Sur le catalogue du British Mus. elle porte 1710?

63) **1715.** *Ducatus Sabaudiæ..... B. Homanni. Norimbergæ.* Il y a eu plusieurs géographes de ce nom qui ont publié de 1717 à 1772 environ. Bibl. imp. Sur le catalogue du British Mus., cette carte est indiquée comme étant de 1715 ?

64) **1718.** Gueudeville. *Atlas historique ou nouvelle introduction à l'Histoire, à la Chronologie et à la Géographie ancienne et moderne.* Amsterdam. — On y trouve une description brève des montagnes de la Savoie; mais on n'y parle pas plus du Mont-Blanç qu'il n'est figuré dans la carte.

65) **1722.** Valbonnais (le président de). *Histoire du Dauphiné et des princes qui ont porté le nom de Dauphin*, 2 vol. in-fol. Genève 1722. — Cet ouvrage renferme une carte du Dauphiné de Guillaume de l'Isle : *Tabula Delphinatus et vicinarum Regionum.....*, 1710. — La vallée de Chamonix et le Mont-Blanc y sont mal dessinés.

66) **1728.** N. de Robilant, dans la *Description particulière du Duché d'Aoste* (Mém. de l'Acad. de Turin, 1786-87, p. 245), nous dit : « Avant 1728, on n'avait relativement à l'histoire de « cette grande vallée que quelques mémoires bien peu impor- « tants, lorsque feu mon père en dressa une carte topographique « assez exacte... avec un manuscrit contenant la description la « plus complète et la plus détaillée qu'on pût alors désirer de « tout le duché d'Aoste. » En effet, cette carte est très-bonne pour l'époque, quoique le Mont-Blanc ne porte pas de nom et qu'il n'y ait dans cette chaîne que celui du Mont-Malet.

67) **1730.** *Carte du lac de Genève et des Pays circonvoisins*, etc., le tout dressé sur plusieurs cartes Mss. et en particulier sur celle de M. J.-C. Fatio, ingénieur, et de M. J.-G. de Rovéréa, par Antoine Chopy; gravé à Lyon par Daudet, 1730. — Assez belle carte ; les montagnes paraissent être copiées de la carte de Borgonio. Au sujet de la carte de Fatio, voyez Senebier, *Hist. littéraire de Genève.*

68) **1730.** J. Scheuchzer. Carte de Suisse comprenant une partie de la Savoie. Amsterdam.

69) **1730?** *Les Estats de Savoye et de Piémont*, par Jaillot.

Amsterdam. — Sans date. Sur le catalogue du British Mus. cette carte porte la date de 1730?

70) **1740.** Ph. Buache a réduit et publié la carte du lac de Genève de Chopy (1730).— Elle a été corrigée en 1760 pour être mise en accord avec les nouvelles limites assignées à la Savoie.

71) **1740?** Aug. Seuter. *Ducatus Sabaudiæ*, etc. — Sans date. Carte noire et confuse qui, sur le catalogue du British Mus. porte la date de 1740?

72) **1744.** Pierre Martel, né à Genève en 1718, mort à la Jamaïque où il était ingénieur, fit un voyage à Chamonix[1]. Il a publié une brochure qui a pour titre : *An account of the glacières or ice Alps in Savoy in two letters, one from an English Gentleman to his friend at Geneva, the other from Peter Martel. Engineer to the said English Gentleman, illustrated with a map and two views of the Place.... As laid before the Royal Society printed for Peter Martel and sold by...* (différents libraires) *MDCCXLIV. (Price one shilling and six pence.)* — Au British Mus. sous le n° 17 $\frac{1}{474}$. Biblioth. de Jos. Banks. La carte qui accompagne cette brochure se voit à la Bibl. imp. de Paris; topographie de la Savoie, vol. 1950.

La première des lettres contenues dans ce petit travail a été écrite en 1741 par un Anglais, M. William Windham, du comté de Norfolk, à M. Arlaud, de Genève, peintre célèbre. Elle est destinée à rendre compte d'un voyage aux *glacières* de la Savoie[2]. M. Windham raconte que, depuis plusieurs années, il désirait visiter les montagnes de neige qui se voient si bien des environs de Genève; mais la difficulté de trouver des compagnons lui fit différer ce voyage jusqu'au moment où il put s'associer à Pococke[3], qui passa à Genève en revenant d'Egypte.

[1] Senebier, *Hist. littér. de Genève*, III, 221.

[2] M. Baulacre en a publié un extrait dans le *Journal de Genève*, mai et juin 1743. Voyez aussi les *Œuvres historiques et littéraires* de Léonard Baulacre, recueillies et mises en ordre par Edouard Mallet. Genève 1857, I, 50. — Gruner a écrit quelques pages sur ce sujet dans son ouvrage intitulé *Histoire naturelle des glacières de la Suisse*, traduit par Kéralio, 1770, p. 154, Pl. XIII. Les noms de localités sont très-inexacts dans ce travail.

[3] Richard Pococke, *A Description of the East*. London 1743 à 1745, 3 vol. in-fol. On lit, III, 217 : « *From Geneva I went to the glacières in*

Ces deux voyageurs, accompagnés de sept autres Anglais [1], partirent de Genève le 19 juin 1741 en emportant des armes et des instruments; ils arrivèrent plus facilement qu'on ne l'avait pensé au village principal, situé au pied du Mont-Blanc, dont le nom est écrit tantôt *Chamouny*, tantôt *Chamoigny*, dans le récit de Martel.

Ils firent la course du Montanvert de la même manière que les touristes actuels. Leurs guides leur assurèrent que, du temps de leurs pères, les *glacières* étaient plus petites; qu'il y avait eu un passage à travers une vallée, par lequel on pouvait aller en six heures dans le val d'Aoste; mais que ce passage était complétement fermé par l'accroissement des *glacières* qui augmentaient chaque année. Cette expédition était de retour à Bonneville le 23 juin, et se dirigea sur Annecy.

La seconde lettre écrite par Pierre Martel lui-même, contient la relation d'une course faite à Chamonix par des Genevois. On comptait parmi eux un orfévre très-habile dans la connaissance des minéraux, un apothicaire bon chimiste et bon botaniste, MM. Martin, Girod, etc. Martel prit un baromètre et d'autres instruments, qui lui permirent de faire quelques observations le long de la route. Il laissa à Genève le baron de Rothberg avec un baromètre semblable au sien pour faire des expériences comparatives et il consulta le professeur Calandrini avant de partir. Les voyageurs se mirent en route le 20 août 1742, et furent de retour à Genève le 26 du même mois. Dans leur course au Montanvert, ils dînèrent près de la glace autour d'une grande pierre apportée par le glacier et dont on voit encore les débris. Elle a été appelée à tort la *pierre aux Anglais*, car ce furent les Genevois qui lui valurent sa modeste célébrité. Martel fit un plan de la Mer de Glace, donna une description topographique de la vallée, et l'accompagna d'une carte, que M. le professeur Chaix a eu l'extrême obligeance de reproduire, Pl. XXIX, fig. 3. Elle avait été en partie figurée dans l'article de M. J. Forbes, déjà cité. Cette carte, malgré de grossières erreurs, donne une idée assez juste des localités. Martel rappelle que la hauteur du Mont-Maudit (Mont-Blanc) est, d'après Fatio

Savoy, an account of which has been lately published. — Voy. trad. française, in-12. Paris 1772, VI, 432.

[1] James Forbes, *Topography of the chain of Mont-Blanc*, Journ. of geograph. Soc. of London, XLII, n° 83, p. 137.

de Duillier[1], de 4374 yards ou de 2000 toises françaises au-dessus du lac de Genève, et admet que ce dernier est à 426 toises au-dessus de la mer. Mais il conclut de ses propres mesures que l'Arve est à Chamonix à 1520 pieds au-dessus du lac, et que la plus haute montagne atteint 10939 pieds au-dessus de l'Arve; ce qui lui assignerait une hauteur de 12459 pieds, soit 207[illegible] toises au-dessus du lac. Martel donne encore les noms de quelques plantes et animaux de la chaîne du Mont-Blanc, et signale la présence de l'or dans les sables de *l'Arbairon*.

Après l'année 1744 les cartes se sont tellement multipliées, qu'il n'y aurait aucun intérêt à donner une simple liste des travaux topographiques concernant les environs du Mont-Blanc.

En résumé, le nom de *Chamonys* n'a figuré sur les cartes que dans le dix-septième siècle (carte n° 18). Vers le milieu de ce siècle, la topographie de la chaîne centrale des Alpes a fait de grands progrès, et dès cette époque on a fréquenté, momentanément et à diverses reprises, le passage qui a reçu de de Saussure le nom du col du Géant (cartes n°s 29, 44, 46, 53, 59, etc.). Par conséquent, la vallée de Chamonix n'était pas complétement inconnue avant les expéditions de 1741 et de 1742, qui en ouvrirent la route aux touristes. Elle ne fut d'abord visitée que par quelques hommes d'élite. M. Ch. Martins assure que si la découverte de la vallée de Chamonix est due aux Anglais, ce sont des Genevois, Bourrit, de Saussure, Pictet et Deluc, qui la firent connaître[2]. Mais dans notre siècle, où les distances sont presque annulées, des flots d'étrangers l'inondent chaque année. Leurs efforts réunis à ceux des guides ont fait disparaître le prestige attaché à plus d'une course. Il n'y a pas

[1] *Histoire de Genève*, 4me édit., II, 450.
[2] *Revue des Deux Mondes*, 1865, LVI, 379.

encore cent ans que Jaques Balmat, avec une intrépidité bien remarquable, surmontait pour la première fois les périls réels de l'ascension du Mont-Blanc, et réfutait l'idée qu'on ne peut vivre au-dessus d'une certaine élévation; maintenant, il n'est pas rare qu'il se fasse plusieurs ascensions dans la même semaine.

II

HYPSOMÉTRIE.

J'ai consacré beaucoup de temps à la mesure de la hauteur des montagnes au moyen du baromètre; mes observations ont été en partie insérées dans les pages précédentes, et un assez grand nombre ont été publiées dans l'*Hypsométrie de la Suisse* par Durheim, 1 vol. in-8°. Berne 1850.

On trouvera aussi des données hypsométriques sur le voisinage du Mont-Blanc dans les travaux suivants; je ne parle pas de ceux que j'ai indiqués au § 3.

Dufour, général. *Carte de la Confédération suisse* en 25 feuilles.

Ziegler. *Hypsométrie de la Suisse*. Zurich 1853.

F. Dumont et G. Mortillet. *Histoire des Mollusques terrestres et d'eau douce vivants et fossiles de la Savoie et du bassin du Léman*. Paris et Genève 1852, broch. in-8°.

Ch. Martins. *Matériaux pour servir à l'hypsométrie des Alpes Pennines*, Mém. de la Soc. helvét. des Sc. nat., 1842, tome VI.

B. Studer. *Hauteurs prises dans le Piémont, le Valais et la Savoie*, Mém. de la Soc. helvét. des Sc. nat., 1845, tome VII.

Plantamour. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1859, XLIX, 327.

Plantamour. *Mesures hypsométriques dans les Alpes*, Mém. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève, 1860, XV, 395.

Poncet. *Hypsométrie du diocèse d'Annecy*, Associat. florimont. d'Annecy, 1855, I, 17.

Nivellement trigonométrique de la Savoie exécuté par l'état-major sarde, Associat. florimont. d'Annecy, 1856, II, 17.

Billiet et Gravier. *Hypsométrie du diocèse de Maurienne*, Mém. de l'Acad. royale de Savoie, XI, 96.

Mieulet, capitaine. *Carte du massif du Mont-Blanc*. Paris 1865.

On trouvera encore des mesures de hauteurs dans le Journal de l'*Alpin Club* de Londres et dans la carte de Savoie, à laquelle l'état-major français travaille depuis quelques années; mais cette carte n'est pas encore publiée.

III

MINES.

Je n'ai jamais voulu m'occuper des mines de la Savoie, parce que peu d'entre elles ont de l'importance au point de vue de l'industrie; de cette manière, j'ai évité d'entrer en lutte avec des intérêts commerciaux. On trouvera quelques détails sur les mines de la Savoie dans les ouvrages suivants:

Mém. de l'Acad. de Turin, 1784-85, I, 262, 287; *Journal des Mines*, an VII, IX, 103, 146; an III, I, n° IV, 45, et n° V, 35; an XIII, XVII, 123; 1806, XIX, 379, 435; XX, 407. *Ann. des Mines*, 1819, IV, 297. *Statistique du département du Mont-Blanc*, par le cit. Verneilh, 1807, in-4°, non achevée. *Géologie et Minéral. de la Savoie*, 1858, par de Mortillet. — Sur les minéraux utiles, *Bull. de l'Associat. florimont. d'Annecy*, 1855, I. 321. — Sur les combustibles, *ibid.*, 1854, 3 novembre. — Sur les ardoises, *Ann. de la Soc. d'Hist. nat. et d'Agricult. de Lyon*, 1846, IX, 57.

IV

DE QUELQUES BLOCS ERRATIQUES.

A la page 113, au sujet des blocs erratiques d'Herbetswyl, vallée de la Dünneren, ajoutez: M. Alb. Muller, de

Bâle, a constaté de grands blocs erratiques de granit, de serpentine et de schistes cristallins au-dessus de Langenbruck à l'ouest d'Olten, à 820 mètres d'altitude. Il a également trouvé des blocs erratiques de granit et de schistes cristallins, peu volumineux il est vrai, sur la pente septentrionale du Wysenberg au nord d'Olten, à 150 ou 200 mètres au-dessous du sommet de cette montagne, soit à 800 ou 850 mètres d'altitude.

A la page 113, ligne 25, à propos de la ligne des blocs erratiques qui suit les flancs du Jura, ajoutez : M. Lang de Soleure m'a fait connaître la présence de blocs erratiques : 1° sur le Burenberg prolongement occidental du Weissenstein, au-dessus de Grange (Grenchen), à 1100 ou 1200 mètres d'altitude; 2° entre la Tiefmatte et Court sur le revers N.-O. de cette montagne à environ 1050 mètres audessus du niveau de la mer.

A la page 114, ligne 10, ajoutez: Les blocs erratiques sont entrés dans le Val de Travers non-seulement par le Col des Etroits, mais aussi par un col situé à environ 1100 mètres d'altitude, voisin du village de Provence et par la partie inférieure de la vallée.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES FOSSILES DÉCRITS DANS LE TOME I.

[1] Explication des signes : C. = oolite corallienne ; V. = étage valangien ; N. = néocomien moyen ; U. = urgonien.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES NOMS D'AUTEURS CITÉS DANS LES DOCUMENTS POUR SERVIR A L'HISTOIRE DU TERRAIN CARBONIFÈRE DES ALPES.

Chap. xxx, t. III, p. 348.

Les chiffres italiques indiquent l'année de la publication et les chiffres ordinaires la page du volume.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES TROIS VOLUMES

B

C

D

G

H

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W



Y

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME TROISIÈME

ERRATA DU TOME PREMIER

Pag.	Lig.	Au lieu de:	Lisez:
8	6[1]	V, 267	IV, 267
11	16	de la Bêche	de la Bèche
13	12	id.	id.
26	32	Piscidium	Pisidium
39	1	34	§ 34
40	28	Scandinaire	Scandinavie
80	13	Il paraît être placé	Elle paraît être placée
81	34	XXVIII	XXI
91	18	sous le nom de	sous les noms de
100	15	Hermance	Heremence
121	1	12	121
137	3	2084 mètres	2034 mètres (voy. II, 309)
156	17	2084	2034 (voyez II, 309)
»	18	2024	1975 (voyez II, 309)
179	33	of Vaud	Vaud
218	9	Vengerons	Vengeron
236	21	Son origine. Sa	Son origine, 231. — Sa
254	7	Je rangeai	Je rangeais
264	24	Vouache; ce nom s'écrit quelquefois de cette manière, mais il eût été préférable d'écrire « Vuache » ici et dans d'autres parties de l'ouvrage.	
265	11	peu de gastéropodes	peu d'autres gastéropodes
287	9	Omalius	d'Omalius
289	8	Moussou	Mousson
295	7	Daphnogène	Daphnogene
316	3	depressa	dilatata
371	12	grossi du côté buccal	grossi, vu du côté buccal
391	3	Urgonensis	Matheroniana
398	18	*a*, *b*, *c*	*b*, *c*, *d* *Peltastes Cottaldinus* un peu grossi; *a* grandeur naturelle.
404	25	vue	vu
413	11	266	267
431	3	diphya	janitor, Pict.
432	31	Paris 1858	Paris 1828

[1] Le titre courant est compté pour une ligne.

ERRATA DU TOME DEUXIÈME

Pag.	Lig.	Au lieu de:	Lisez :
29	17	minitus	minutus
34	10	Pl. IV	Pl. VI
42	27	chapitre XXIV	chapitre XXV
43	3	Rabdophyllia	Rhabdophyllia
53	1	Marmoy	Marmoi
54	30	Le Mont-Fourchu est aussi appelé Mont-Fourches; ce nom a été mis dans l'atlas.	
63	28	à ceux des Allinges et à ceux situés, *lisez* à celui des Allinges et à celui qui est situé	
70	11	§ 311	§ 310
74	20	§ 311	§ 310
83	20	lenguiferus	linguiferus
99	12	approchais	approchai
123	12	§ 345	§ 343
134	24	§ 440	§ 437
158	16	§ 374	§ 371
163	13	§ 310	§ 311
198	note.	Contrairement à l'idée avancée dans cette note, la *P. pedernalis*, Rœm., a été trouvée aux environs du lac d'Annecy d'après M. Pictet, *Mat. pour la paléontologie suisse*, 3me part., p. 87.	
201	2	pelasgi	pelagi
247	11	Pl. XIII, fig. 6, *lisez* Pl. XIII, fig. 5. C'est par erreur que la *coupe de la Pointe Pelouze aux Fiz* porte le n° 6; ce devrait être le n° 5.	
257	12	Saillières	Sallières
264	2	§ 361	§ 362
264	30	§ 426	§ 427
272	7	§ 347	§ 306, 348
286	15	J'ajouterais	J'ajouterai
297	9	de Brévent	du Brévent
357	8	Neuvropteris	Neuropteris
358	3	Saarebruck	Sarrebruck
382	14	Pockoke	Pococke
»	15	Wyndham	Windham
388	31	throught	through
432	15	d'Arbon	Arbon

ERRATA DU TOME TROISIÈME

Pag.	Lig.	Au lieu de :	Lisez :
81	19	Pococke et Wyndham	Pococke et Windham
142	1	dstingués	distingués
194	31	dọnt j'ai donné	dont je donnerai
228	20	lustrés, 666.—Conclusions, 667.	lustrés. Conclusions, 666.
235	11	schiste argilo-ferrugineux rouge et vert, *lisez* argiles et marnes rouges; voy. t. III, p. 436.	
247	31	ne peu	ne peut
259	18	col Ferret	val Ferret
298	32	que les	que dans les
303	3	je n'ai pas cherché	je ne chercherai pas
»	4	j'ai essayé	j'essayerai
337	10	Hauy	Haüy
349	33	convictious	convictions
350	18	Hauy	Haüy
379	31	Schweiz, II	Schweiz, 1853, II
393	26	Sfsmonda	Sismonda
396	31	1857	1856
403	19	Voralberg	Vorarlberg
414	29	Maurieune	Maurienne
417	18	flore carbonifère de ce continent, signale comme étant propres à l'Amérique. *lisez* flore carbonifère de l'Amérique, signale comme étant propres à ce continent	
»	23	Whitbiensis	Whitbyensis
457	35	Mau.	Maur.
485	35	Hugardianns	Hugardianus
519	24	244	245
557	17	Mont-Chemin III, 17.	Mont-Chemin III, 117.
567	50	166	66

ERRATA DE L'ATLAS

Pl.	Fig.	
VI	2	Le Mont-Fourches a été souvent nommé Mont-Fourchu dans le texte.
XIII		Dans le titre de la « coupe de la Pointe-Pelouze aux Fiz, » au lieu de Fig. 6 § 420, *lisez :* Fig. 5, § 420.
XVI	1	S.-E., *lisez* S.-O.
XIX	5	Cipelin, *lisez* Cipolin.
XIX	7	§ 359, *lisez* § 559.
XX		Dans la figure du milieu de la planche, au lieu de Fig. § 576, *lisez* Fig. 3, § 576.
XXI	2	Au-dessus du col de la Peula ou col Ferret, au lieu de § 688, *lisez* § 580.
C		Au-dessous de la fig. 7 *c* se trouve un dessin sans numéro ; il devrait être marqué 8 *d*.



